

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Filipović, M., 2016. Mehanizacija za vzdrževanje in gradnjo železniških prog. Diplomski nalogi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Zgonc, B., somentorica Šemrov, D.): 70 str.

Datum arhiviranja: 25-05-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Filipović, M., 2016. Mehanizacija za vzdrževanje in gradnjo železniških prog. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Zgonc, B., co-supervisor Šemrov, D.): 70 pp.

Archiving Date: 25-05-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
PROMETNA SMER

Kandidatka:

MARINA FILIPOVIĆ

**MEHANIZACIJA ZA VZDRŽEVANJE IN GRADNJO
ŽELEZNIŠKIH PROG**

Diplomska naloga št.: 3458/PS

**RAILWAY MACHINES FOR MAINTENANCE AND
CONSTRUCTION**

Graduation thesis No.: 3458/PS

Mentor:
prof. dr. Bogdan Zgonc

Predsednik komisije:
doc. dr. Tomo Cerovšek

Somentorica:
asist. dr. Darja Šemrov

Ljubljana, 05. 05. 2016

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo
-----------------------	-------------------------	----------------	---------------

IZJAVE

Podpisana **Marina Filipović** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom **»Mehanizacija za vzdrževanje in gradnjo železniških prog«**.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 17.4.2016

Marina Filipović

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 625.1:697.91(497.4)(043.2)

Avtor: Marina Filipović

Mentor: prof. dr. Bogdan Zgonc

Somentorica: dr. Darja Šemrov

Naslov: Mehanizacija za vzdrževanje in gradnjo železniških prog

Tip dokumenta: diplomska naloga – univerzitetni študij

Obseg in oprema: 70 str., 2 pregl., 60 sl., 1 pril.

Ključne besede: mehanizacija, vzdrževanje, tehnologija obnovitvenih del, spodnji ustroj, zgornji ustroj, terminski plan vzdrževalnih del

IZVLEČEK

Diplomska naloga obravnava mehanizacijo, ki se uporablja pri vzdrževanju in gradnji na železniških progah. Predstavljen je pomen, obseg in načini vzdrževanja železniške infrastrukture, vključno z opisi in vzdrževanjem sestavnih delov železniške proge. Primeri vzdrževalnih del so podani v skladu s Pravilnikom o spodnjem ustroju (2013) in Pravilnikom o zgornjem ustroju železniških prog (2010). V nadaljevanju diplomske naloge je zajet podroben opis mehanizacije, ki je na podlagi svoje funkcijske sposobnosti in namenskosti razdeljena v gradbeno, transportno ter progovno mehanizacijo. Poleg navedenega so v sklopu mehanizacije predstavljena tudi merilna vozila, ki se uporabljajo za kontrolo, nadzor in pridobitev ustreznih podatkov o stanju železniškega tira oz. prog (profil in obrabe tirnic, smer in širina tira, vegavost tira, nadvišanje tira). V zadnjem delu diplomske naloge je v okviru vzdrževalnih del v javno korist prikazana tehnologija obnovitvenih del na odseku enotirne železniške proge med postajama Škofljica in Ljubljana Rakovnik. Potek izvedbe del je prikazan v šestih fazah, ki obsegajo odstranitev obstoječega tira, izkope posameznih plasti do planuma temeljnih tal, vgraditev nevezane nosilne plasti in polaganje novega tira. Poleg tehnologije del na odprti progi, je s pomočjo programske opreme MS Project izdelan terminski plan, ki prikazuje časovno trajanje, vrstni red in časovni zamik posameznih izvedbenih del na odseku obravnavane proge.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 625.1:697.91(497.4)(043.2)

Author: Marina Filipović

Supervisor: Prof. Bogdan Zgonc, Ph. D.

Co-supervisor: Darja Šemrov, Ph. D.

Title: Railway machines for maintenance and construction

Document type: Graduation thesis – University studies

Scope and tools: 70 p., 2 tab., 60 fig., 1 ann.

Key words: railway machines, railway infrastructure maintenance, technology of the renewal works, substructure, superstructure, schedule

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the machines used for the maintenance and construction on railway lines. There are being presented the meaning, scope and methods of maintenance of the railway infrastructure, including the description and maintenance of the railway track elements. Examples of maintenance are made in accordance to the slovenian legislation on the railway substructure and superstructure. In the following thesis a detailed description of the machinery, which is, based on their functional ability, divided into construction, transport and trackside equipment is given. Also the vehicle for the different measurements (e.g. rail measurements – rail profile and rail corrugation, track geometry measurements, track twist and track cant measurements) are described. In the last part of the diploma thesis is being shown the technology of the renewal on the section of a single track railway line between the train stations Škofljica and Ljubljana Rakovnik. The renewal works are divided into six stages, which include removal of the existing track, excavation of the rails and sleepers, ballast bed and subsoil, installation of the improved subsoil and frost protective layer and laying of a new railway track. Besides the technology of the works on the open track section, with the help of MS Project software, a schedule is being designed, which shows the duration, order and delay of implementing individual works on the section of the considered track.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Bogdanu Zgoncu in somentorici dr. Darji Šemrov za strokovno pomoč, nasvete in koristne podatke pri izdelavi diplomske naloge. Posebna zahvala Saši Torbici za razlage, navodila in informacije pri izdelavi praktičnega dela diplomske naloge.

Zahvala tudi staršema, ki sta mi omogočila študij in nudila podporo v času študija.

Prav tako hvala vsem sošolcem za kakršnokoli pomoč med študijem.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	ŽELEZNIŠKA INFRASTRUKTURA.....	2
2.1	Vzdrževanje železniške infrastrukture.....	2
2.1.1	Redno vzdrževanje	3
2.1.2	Investicijsko vzdrževanje	4
2.1.3	Vzdrževalna dela v javno korist.....	4
2.2	Vzdrževanje glede na vrsto železniških prog	5
2.2.1	Sestavni deli in vzdrževanje spodnjega ustroja.....	6
2.2.2	Sestavni deli in vzdrževanje zgornjega ustroja.....	12
2.2.2.1	Pogoji in načini izvedbe vzdrževalnih del na zgornjem ustroju.....	15
3	MEHANIZACIJA.....	17
3.1	Gradbena mehanizacija za vzdrževanje in gradnjo železniške proge.....	17
3.2	Transportna mehanizacija za vzdrževanje in gradnjo železniške proge	22
3.3	Progovna mehanizacija za vzdrževanje in gradnjo železniške proge	28
3.3.1	Mehanizacija za namestitvev in odstranitev tirne rešetke.....	28
3.3.1.1	Ročna mehanizacija	29
3.3.1.2	Samohodna mehanizacija	33
3.3.2	Mehanizacija za urejanje tirne grede.....	35
3.3.3	Mehanizacija za pluzenje in odstranjevanje snega.....	38
3.3.4	Mehanizacija za čiščenje in sejanje tirne grede (sejalni stroj).....	40
3.3.5	Mehanizacija za višinsko in smerno regulacijo ter stabilizacijo tira	42
3.4	Merilna vozila za kontrolo in opravljanje meritev na progi	45
3.4.1	Merilno vozilo FMK 004	45
3.4.1.1	Merilne vožnje	47
3.4.2	Večnamensko merilno vozilo Plasser&Theurer.....	47

4	VDJK NA ODSEKU ŽELEZNIŠKE PROGE LJUBLJANA RAKOVNIK – ŠKOFLJICA Z UPORABO MEHANIZACIJE.....	49
4.1	Obstoječe stanje proge.....	49
4.2	Obseg izvedbenih del	50
4.3	Organizacija gradbišča	50
4.4	Mehanizacija in merilni instrumenti	52
4.5	Tehnologija in načini izvedbenih del	53
4.6	Terminski plan za odsek proge Ljubljana Rakovnik – Škofljica	64
5	ZAKLJUČEK.....	65
	VIRI	66

KAZALO SLIK

Slika 1: Mreža slovenskih železniških prog	6
Slika 2: Oblike zemeljskih objektov	7
Slika 3: Železniški nadvoz	7
Slika 4: Objekti: a) železniški predor in b) galerija z odprtini	8
Slika 5: Objekti na postajah: a) peron, b) nivojski dostop do perona, c) nakladalna klančina, d) tirna tehničnica	9
Slika 6: a) tirnica 60 E1 in b) betonski pragi	13
Slika 7: Tirna greda	14
Slika 8: Tirni pribor: a) toga pritrditev sistema K z vezno spojko, b) elastična pritrditev vrste Pandrol	14
Slika 9: Sestavni deli bagra	18
Slika 10: Buldozer	19
Slika 11: Greder	20
Slika 12: Rovokopač – Nakladač (kombinirka)	20
Slika 13: Nakladač	21
Slika 14: Valjar s kombiniranimi kolesi	22
Slika 15: a) Klasični kamion in b) Prekucnik	23
Slika 16: Kamion z dvigalno napravo	23
Slika 17: Vlačilec	24
Slika 18: Transportni železniški stroj pri nakladanju lesenih pragov	24
Slika 19: Vlak za transport tirnic	25
Slika 20: Faccs vagoni	26
Slika 21: Plato vagon serije K	26
Slika 22: Prekucnik Eamos	27
Slika 23: a) Vlak za preseve, b) tekoči trak na vrhu vagonov	27
Slika 24: Težka motorna drezina	28
Slika 25: Vrtalni stroj	29
Slika 26: Stroj za privijanje in odvijanje vijakov in tirfonov	30
Slika 27: Stroj za rezanje tirnic	30
Slika 28: Stroj za vrtanje tirnic	31
Slika 29: Stroj za elektroobločno varjenje	31
Slika 30: Alumotermijsko varjenje	32
Slika 31: Brusilni stroj	32
Slika 32: Brusilni vlak	33
Slika 33: Portalno dvigalo	34
Slika 34: Naprava za vnos tirnic	34
Slika 35: Hidravlični dvopotni nakladalnik	35
Slika 36: Stroj za profiliranje tirne grede	36
Slika 37: Kabina stroja	37
Slika 38: Plužni del stroja	38
Slika 39: Stroji za odstranjevanje snega: a) lokomotiva s plugom, b) snežni odmetalnik	39
Slika 40: Sejalni stroj	40
Slika 41: Transport tolčenca po tekočih trakovih	41
Slika 42: Univerzalni stroj za regulacijo in stabilizacijo tira	43
Slika 43: Dinamična stabilizacija tira	44
Slika 44: Vibracijsko delovanje ročic	45

Slika 45: Merilno vozilo FMK 004	46
Slika 46: Grafikon merilne vožnje.....	46
Slika 47: Večnamensko merilo vozilo EM80.....	47
Slika 48: Ureditev gradbišča na postaji Škofljica	51
Slika 49: Ureditev gradbišča na postaji Ljubljana Rakovnik.....	52
Slika 50: Razkladanje novih tirnic.....	54
Slika 51: Naklad lesenih pragov na kamion.....	55
Slika 52: Izkop spodnjega ustroja	56
Slika 53: Polaganje geotekstila in geomreže	57
Slika 54: Nasutje in razprostiranje materiala nevezane nosilne plasti.....	57
Slika 55: Merilni instrumenti: a) krožna plošča s padajočo utežjo, b) toga krožna jeklena plošča	58
Slika 56: Izotopska sonda	58
Slika 57: Dvig betonskih pragov s portalnim dvigalom.....	60
Slika 58: Polaganje tirnic na prage.....	60
Slika 59: a) Regulacija tira, b) Oblikovanje tirne grede	61
Slika 60: Vgraditev gumijastih plošč.....	63

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Razmik pragov	13
Preglednica 2: Seznam in parametri merilnih sistemov večnamenskih merilnih vozil	48

SEZNAM KRATIC

NPr	nivojski prehod
NZT	neprekinjeno zvarjeni tir
SVTK	signalno varnostne in telekomunikacijske naprave
VDJK	vzdrževalna dela v javno korist

»TA STRAN JE NAMENOMA PRAZNA«

1 UVOD

Tako železniško kot cestno omrežje imata pomembno vlogo v prometnem sistemu, saj predstavljata velik vpliv na razvoj in učinkovitost gospodarstva v državi. V Republiki Sloveniji železniška infrastruktura v zadnjih desetletjih ni doživela posebnega tehnološkega napredka, saj je bila večina vlaganj usmerjenih v razvoj cestnega omrežja (gradnja in vzdrževanje cest ter avtocest). Kljub majhnemu deležu slovenskih železnic v skupnem potniškem in tovornem transportu, so le-te že pred leti imele številne prednosti v primerjavi s cestami, in sicer (Nacionalni program razvoja Slovenske žel. Infrastrukture, 1996):

- 3,5-krat manjšo porabo energije v potniškem in 8,7-krat v tovornem prometu;
- povprečno 24-krat boljše varnost železniškega prometa;
- 8,7-krat manjšo onesnaženost v potniškem in 30-krat v tovornem prometu ter manjšo porabo prostora.

Glede na omenjene prednosti je že skrajni čas, da se delež investicij usmeri v gradnjo novih in seveda v obnovo ter vzdrževanje obstoječih železniških prog.

Železniška proga kot sestavni del železniške infrastrukture predstavlja nepretrgano prometno povezavo med sosednjimi kraji, po kateri se vozijo tirna vozila. Sestavljena je iz spodnjega in zgornjega ustroja proge, progovnega pasu, signalnovarnostnih in telekomunikacijskih naprav (SVTK), naprav za napajanje z električno energijo, stabilnih naprav za električno vleko, stavb in prostorov za vodenje ter urejanje prometa (Zakon o varnosti v železniškem prometu, 2013).

Za tehnološko zahtevnejšo, hitrejšo in cenejšo gradnjo, obnovo ter vzdrževanje železniških prog je potrebna strojna izvedba del v različnih fazah, in sicer z uporabo mehanizacije značilne za železniško infrastrukturo. Vrsta in uporaba mehanizacije je odvisna od obsežnosti gradbenih del, od velikosti gradbišča, od transportnih poti, od razpoložljive energije ter seveda od vplivov okolja (Berdajs, 2012).

Namen diplomske naloge je predstaviti ustrezno mehanizacijo, ki se uporablja za vzdrževanje in gradnjo na železniški infrastrukturi. V praktičnem delu naloge je obravnavan primer vzdrževalnih del v javno korist za izbran odsek železniške proge (Ljubljana Rakovnik – Škofljica), kjer je s pomočjo izbrane mehanizacije prikazana tehnologija izvedbe del.

2 ŽELEZNIŠKA INFRASTRUKTURA

Železniška infrastruktura je široko področje, ki obsega objekte, zemljišča in naprave potrebne za nemoteno obratovanje železniškega prometa. V Republiki Sloveniji je železniška infrastruktura v državni lasti in predstavlja javno dobro. Upravljavec je na podlagi sklenjene pogodbe z državo odgovoren za vzdrževanje, gospodarjenje in vodenje prometa na javni železniški infrastrukturi (Zakon o železniškem prometu, 2011).

Železniška infrastruktura zajema (Zakon o železniškem prometu, 2011) :

- spodnji in zgornji ustroj železniških prog;
- tunele, viadukte, mostove, prepuste, galerije;
- signalno varnostne in telekomunikacijske naprave (SVTK);
- železniške postaje, postajališča, elektro napajalne postaje, ranžirne postaje, perone;
- nivojske prehode, dostopne poti za dostavo blaga in za potnike;
- zgradbe za vodenje železniškega prometa;
- energetske vode in vozno mrežo.

2.1 Vzdrževanje železniške infrastrukture

V skladu z zakonom, ki ureja železniški promet (2011), je vzdrževanje železniške infrastrukture, kot obvezna gospodarska javna služba, ena izmed pomembnih vlog v železniškem prometu oziroma v celotnem železniškem omrežju. Vzdrževanje predstavlja organiziranje in izvajanje del za ohranitev obratovalne sposobnosti železniškega omrežja. Cilj vzdrževanja je zagotoviti varnost in razpoložljivost železniških tirov ter pripadajoče opreme za urejanje prometa. Vloga upravljavca infrastrukture temelji na prizadevanju za čim nižje stroške vzdrževanja in predvsem ustreznega nivoja varnosti železniškega prometa.

Vzdrževalna dela delimo na redno vzdrževanje, investicijsko vzdrževanje in vzdrževalna dela v javno korist (v nadaljevanju VDJK) (Zakon o graditvi objektov, 2004).

2.1.1 Redno vzdrževanje

Redno vzdrževanje predstavlja izvedbo vzdrževalnih del, na podlagi katerih se vzpostavi normalna obratovalna sposobnost in varno odvijanje prometa na železniški progi. Redno vzdrževanje zajema predvsem izvajanje meritev, pregledov in kontrole stanja proge ter redno izvajanje nadzorov posameznih elementov, naprav in sistemov proge. Z rednimi vzdrževalnimi deli se preprečijo in odpravijo večje nepravilnosti, motnje ter napake na progi, ki se običajno pojavijo v času eksploatacije proge. Vzdrževalna dela morajo biti izvedena v skladu s pogoji tehničnih predpisov in tehnično dokumentacijo za posamezni del železniške proge (Pravilnik o pogojih tekočega in investicijskega vzdrževanja ter vzdrževalnih del v javno korist na področju železniške infrastrukture, 2006). V okviru rednega vzdrževanja se večinoma popravlja geometrijsko stanje proge in izjemoma se izvaja zamenjava posameznega tirnega materiala zgornjega ustroja proge (Hadžiahmetović, 1997).

Stanje zgornjega ustroja se preverja z vizualnimi pregledi, z ročnimi merilnimi instrumenti, z merilnimi vozili in z vožnjo na vlečnem vozilu. Preglede in kontrole opravlja pooblaščen oseba upravljavca, ki je določena v sistemu varnega upravljanja upravljavca (SVUU). Vizualni pregledi zgornjega ustroja, ki zajemajo kontrolo stanja vgrajenih tirnic, pragov, tirnega pribora, tirne grede, naprav za preprečitev bočnega premika tira in vzdolžnega pomika tirnic, odvodnjavanja proge ter pravilnega položaja proge, se opravljajo redno vsak teden s hojo po progi ali s tirnim vozilom. Pregled tehničnega stanja tira na mestih počasnih voženj pa se opravi najmanj dvakrat na mesec. Poleg predhodno naštetih pregledov, pooblaščen oseba upravljavca najmanj enkrat letno meri in kontrolira še obrabo tirnic, tirnične stike, dimenzije tirne grede, velikost dilatacij na tirnem stiku in globino ter širino žlebov za prehod koles tirnih vozil (Pravilnik o zgornjem ustroju železniških prog, 2010).

Redno vzdrževanje se lahko izvaja na sistematičen ali interventen način. Pri sistematičnem vzdrževanju, na podlagi pridobljenih meritev obstoječega stanja proge, se izdelata načrt vzdrževalnih del. Pri izvedbi del se uporablja različna progovna mehanizacija. Popravljajo se geometrijske napake proge z uravnavanjem tira po smeri in višini. Obraba glave tirnice se strojno zbrusi v pravilno geometrijsko obliko in v ravno vozno površino. Tirna greda se vibracijsko stabilizira in oblikuje v pravilen prečni profil. V primeru zablatenosti tirne grede, se le-ta prečisti in preseje z ustrezno sejerno mehanizacijo. Za zatiranje trave in plevela v tirni gredi se uporabljajo kemična sredstva za uničevanje le-teh (Zgonc, 2012).

Pri interventnem vzdrževanju se, na podlagi pregledov in meritev proge, sproti odpravljajo napake. Večinoma se uporabljajo ročni stroji ali orodja, s pomočjo katerih se zamenjajo poškodovane tirnice, posamezni pragi, pritrdilni in vezni materiali. Poleg tega se popravlja tudi tirna širina in manjkajoči količini tirne grede se doda novi tolčenec. V času zimskega

obdobja se odstranjuje sneg, ledene sveče v predorih ter plužijo in posipavajo se peroni (Zgonc, 2012).

2.1.2 Investicijsko vzdrževanje

Če s posegi rednega vzdrževanja ni mogoče odpraviti napake in se pojavijo odstopanja od tehnično predpisanih dovoljenih vrednosti na posameznih delih proge, elementih, napravah ter sistemih, se načrtuje *investicijsko vzdrževanje*. Torej investicijsko vzdrževanje sledi, če se ugotovi potreba po zamenjavi, obnovi ali drugemu večjemu posegu na progi, ki zaradi obsežnosti in vsebine del, niso uvrščene v redno vzdrževanje, VDJK ali novogradnjo. Investicijsko vzdrževanje se načrtuje in izvaja v daljših časovnih obdobjih ter z večjo porabo materiala. Pri načrtovanju je potrebno upoštevati tudi merila kot so zniževanje stroškov rednega vzdrževanja in izboljšanje ekonomskih ter tehničnih zahtev pri izvedbi transportnih storitev (Pravilnik o pogojih tekočega in investicijskega vzdrževanja ter vzdrževalnih del v javno korist na področju železniške infrastrukture, 2006).

Investicijska vzdrževalna dela zajemajo večinoma zamenjavo tirnic, pragov, veznega in pritrdilnega materiala ter posameznih delov kretnic. Poleg tega se lahko izvede obnova spodnjega ustroja proge, dopolnitev tirne grede z dodajanjem tolčenca in strojno sejanje tirne grede (Zgonc, 2012).

Po zaključku investicijskih vzdrževalnih del, vodja del skliče vse vzdrževalce, da opravijo pregled vseh elementov, naprav ali sistemov, na katerih se je izvajalo vzdrževanje, preden se vključijo v proces obratovanja. Če se ugotovi, da naprave, elementi ali sistemi delujejo pravilno in so bila dela opravljena skladno z dokumentacijo, se investicijska vzdrževalna dela evidentirajo kot uspešno zaključena dela (Pravilnik o pogojih tekočega in investicijskega vzdrževanja ter vzdrževalnih del v javno korist na področju železniške infrastrukture, 2006).

2.1.3 Vzdrževalna dela v javno korist

VDJK so dela, na podlagi katerih se spremenijo lastnosti železniške proge. Dela se izvedejo takrat, kadar z rednim in investicijskim vzdrževanjem proge ni mogoče zagotoviti varnosti in urejenosti prometa. Z vzdrževalnimi deli v javno korist se predvsem spremeni velikost, zunanji videz in zmogljivost železniške proge. Le-te se usposobijo za višje osne obremenitve in višje dovoljenje hitrosti. V sklopu elektroenergetskih naprav se obnovijo tehnološke naprave, napeljave, inštalacije in celotno vozno omrežje na elektrificiranih progah. Izvede se lahko nadgradnja železniške proge, vendar se ne sme posegati izven progovnega pasu in v prostore, ki niso namenjeni gradnji javne železniške infrastrukture. Obnova proge (primer obnove proge bo podrobneje opisan v poglavju 4), sodi med VDJK in predstavlja kompletno zamenjavo zgornjega ustroja proge, vključno s sanacijo spodnjega ustroja ter ureditvijo

odvodnjavanja. Dela, ki se izvajajo v sklopu spodnjega ustroja, so predvsem ojačitve nasipov, saniranje usekov in brežin, zamenjava ali izboljšava podpornih in opornih zidov, premostitvenih objektov, konstrukcijskih elementov predora ter gradnja novih peronov in peronskih dostopov. Poleg navedenega se lahko na novo vgradi nevezana nosilna plast ustrezne debeline, ki bo v nadaljevanju diplomske naloge obravnavana kot plast spodnjega ustroja (Pravilnik o pogojih tekočega in investicijskega vzdrževanja ter vzdrževalnih del v javno korist na področju železniške infrastrukture, 2006).

V sklopu zgornjega ustroja proge se izvede predvsem zamenjava tirnic, pragov, kretnic, veznega in pritrdilnega materiala. Poleg tega se lahko vgradi nova tirna greda ali pa se z dodajanjem novega tolčenca nadoknadi manjkajoča količina tirne grede. Obstoječa tirna greda, se lahko namesto zamenjave z novo, tudi strojno preseje. Po zamenjavi ali dopolnitvi tirne grede, sodi v sklop zgornjega ustroja še, višinska in smerna regulacija tira ter varjenje tirnic in kretnic v neprekinjeno zvarjeni tir (NZT). V obnovo proge je običajno vključena tudi ureditev nivojskih prehodov (NPr) s signalnovarnostnimi napravami (SV) (Pravilnik o pogojih tekočega in investicijskega vzdrževanja ter vzdrževalnih del v javno korist na področju železniške infrastrukture, 2006).

2.2 Vzdrževanje glede na vrsto železniških prog

Za pravilno in varno obratovanje železniških prog je potrebno izvajati ustrezna vzdrževalna dela, ki se po navadi razlikujejo glede na vrsto prog. V Republiki Sloveniji se železniške proge delijo na glavne in regionalne. Glavni razlogi te delitve so gospodarstvo, povezovalna vloga železniškega prometa v prostoru in obseg prometa (Slovenske železnice, železniške proge, 2015). Na Sliki 1 je prikazana mreža železniških prog na območju Republike Slovenije.

Tako glavne kot regionalne proge se morajo redno vzdrževati, vendar se vzdrževanje le-teh razlikuje po obsegu izvedbenih del in njihovi dokumentaciji. Glavne proge, ki so običajno izpostavljene večjim obremenitvam in hitrosti ter imajo pomembnejšo funkcijo pri povezavi z ostalimi kraji kot regionalne proge, so v povprečju deležne številčnih vzdrževanj, obnov ali nadgradenj z vgraditvijo kvalitetnejših in odpornejših materialov. Če so tirnice na glavnih progah še vedno uporabne, vendar za manjše obremenitve in hitrosti, se le-te demontirajo in kasneje vgradijo na regionalnih progah, stranskih ali industrijskih tirih.

Poleg načina izvedbe vzdrževalnih del, se glede na vrsto proge razlikuje tudi uporaba mehanizacije, saj so bistvene razlike pri delih na enotirnih ali dvotirnih progah. Prednost dvotirnih prog je ravno v številu tirov. Medtem ko se na enem tiru izvajajo dela, je drugi tir še vedno na voljo za potniški in tovorni transport, vendar z zmanjšano hitrostjo. V času izvedbe obsežnejših del s težko mehanizacijo se na dvotirnih progah uvede zapora tira, in sicer z

uvredbo počasne vožnje na sosednjem tiru. Za varnost delavcev je na dvotirnih progah nujna prisotnost čuvaja delovne skupine, ki obvešča skupino delavcev o časovnem prihodu vlaka. Na enotirnih progah se prav tako med izvedbo obsežnejših del uvede zapora tira, vendar v zelo omejenem časovnem roku. Neprevoznost zaradi zapore tira je slabost enotirne proge, ker je treba v tem času uvesti nadomestni prevoz za potnike in tovor. Običajno prevoz usmerijo na cesto z nadomestnimi vozili ali po obvozni železniški progi. V praktičnem delu diplomske naloge bom podrobneje predstavila način izvedbe del na regionalni enotirni progi, z uporabo mehanizacije značilne za železniško infrastrukturo.



Slika 1: Mreža slovenskih železniških prog

(<http://www.slo-zeleznice.si/sl/infrastruktura/javna-zelezniska-infrastruktura/zgornji-ustroj> (20.6.2015))

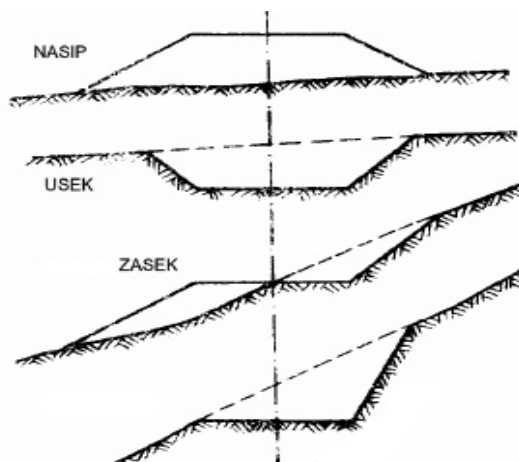
2.2.1 Sestavni deli in vzdrževanje spodnjega ustroja

Na podlagi Pravilnika o spodnjem ustroju železniških prog (2013), je spodnji ustroj progovno telo strukturnega podsistema infrastruktura železniškega omrežja Republike Slovenije, ki se nahaja med zgornjim ustrojem in raščenim terenom. Projektiran, grajen in vzdrževan je na način, da omogoči varno in nemoteno vodenje železniškega prometa, medtem ko sprejema obremenitve z zgornjega ustroja in jih prenaša na teren.

Spodnji ustroj, kot del železniške proge, zajema zemeljsko telo (zemeljske in umetne objekti), premostitvene objekte, sisteme za odvodnjavanje, galerije, železniške predore, pokrite vkope, zaščitne objekte in objekte na postajah (Pravilnik o spodnjem ustroju železniških prog, 2013).

V nadaljevanju so na kratko predstavljeni sestavni deli spodnjega ustroja železniških prog (Pravilnik o spodnjem ustroju železniških prog, 2013):

Zemeljsko telo je objekt iz naravnih materialov, ki se nahaja pod zgornjim ustrojem železniške proge. Zemeljsko telo zajema planum proge (utrjena površina pod tirno gredo), nevezano nosilno plast, nasip, temeljna tla, brežino useka, podporne in oporne zidove ter materiale, ki poskrbijo za kvaliteto stabilnost. Sestavni deli zemeljskega telesa morajo zagotavljati ustrezno nosilnost in vremensko obstojnost, saj prevzemajo obremenitve nastale preko zgornjega ustroja proge (Pravilnik o spodnjem ustroju železniških prog, 2013). Oblike zemeljskih objektov so prikazane na Sliki 2.



Slika 2: Oblike zemeljskih objektov

(<http://bs.scribd.com/doc/23306580/18-DONJI-STROJ-PUTA-ZEMLJANI-TRUP-I-OBJEKTI#scribd>
(2.9.2015))

Premostitveni objekti so nadvozi, podvozi, nadhodi, podhodi, mostovi, viadukti, prepusti in izvennivojska križanja železnic, ki služijo za premostitev ovir v prostoru (Pravilnik o spodnjem ustroju železniških prog, 2013). Kot primer premostitvenega objekta je na Sliki 3 prikazan železniški nadvoz, ki je v fazi vzdrževanja.



Slika 3: Železniški nadvoz
(Lasten vir)

Sistemi odvodnjavanja so del spodnjega ustroja, ki so namenjeni za odvodnjavanje površinskih, hribinskih, podzemnih voda z in iz zemeljskega telesa, z brižin usekov nad železniško progo, z območja predorov, galerij, pokritih vkopov in postajnih objektov v bližnje ponikovalnice, vodotoke, meteorno kanalizacijo ali v naravno okolje. Naprave za odvodnjavanje so odvodni jarki, zaščitni jarki, drenaže, kanalizacija, jaški, prepusti in ponikovalnice (Pravilnik o spodnjem ustroju železniških prog, 2013).

Železniški predori, pokriti vkopi in galerije so gradbeni objekti, ki so namenjeni za varen prehod železniške proge skozi določene ovire. Železniški predor (Slika 4-a) je podzemni zaprti objekt, ki omogoča potek železniške proge v skladu s predpisanimi mejnimi geometrijskimi in tehničnimi elementi skozi hribine. Pokriti vkop je prav tako podzemni objekt, ki se izvede v odprti gradbeni jami in nato zasuje. Galerija pa je objekt grajen na območjih, ki so ogrožena s snežnimi in kamnitimi plazovi. Zunanja stena galerije ima običajno odprtinne (Slika 4-b) (Pravilnik o spodnjem ustroju železniških prog, 2013).



Slika 4: Objekti: a) železniški predor in b) galerija z odprtinami
(https://sl.wikipedia.org/wiki/%C5%BDležni%C5%A1ki_predor_Karavanke (24.6.2015))
(<http://www.gore-ljudje.net/novosti/9909/> (24.6.2015))

Zaščitni objekti služijo za zaščito infrastrukture, njegove okolice in prometa pred površinsko vodo, podnebnimi vplivi in hrupom. To so objekti za zaščito pred naplavinami hudournikov, pred snežnimi plazovi in zameti, pred vetrom in hrupom ter objekti za reguliranje rečnih tokov. Pod zaščito sodijo tudi biološko – tehnični ukrepi (Pravilnik o spodnjem ustroju železniških prog, 2013).

Poleg zgoraj opisanih sestavnih delov je treba omeniti še objekte, ki se nahajajo na postajnem območju in so tudi del spodnjega ustroja. Ti objekti so **peron, dostop do peronov, nakladalna klančina** in **tirna tehnica**. Peron (Slika 5-a) je gradbeni objekt, ki se nahaja na železniški postaji ali postajališču. Postavljen je med tiri v obliki otoka ali pa bočno ob tiru. Potnikom služi kot varen vstop in izstop na vlak in z njega. Dostop do perona je lahko nivojski (Slika 5-b) in izvennivojski v obliki podhodov ali nadhodov. Predstavlja pot, ki varno

vodi do perona. Izvennivojski dostop mora biti izveden na način, da čim lažje omogoči dostop funkcionalno oviranim osebam. Nakladalna klančina (Slika 5-c) je gradbeni objekt na postaji, ki služi za varno natovarjanje ali iztovarjanje tovora na ali v vagone. Dostopi do nakladalnih klančin morajo biti grajeni tako, da zagotovijo čim lažji dostop cestnim vozilom. Tirna tehcnica (Slika 5-d) je naprava na tiru, ki služi za tehtanje tirnih vozil. Tir na območju mostne tirne tehcnice je praviloma v premi in horizontali. Glede na funkcijo se delijo na statične in dinamične (Pravilnik o spodnjem ustroju železniških prog, 2013).



Slika 5: Objekti na postajah: a) peron, b) nivojski dostop do perona, c) nakladalna klančina, d) tirna tehcnica

(a), b), c) Lasten vir; d) <http://www.luka-kp.net/slo/medijski-koticek/arhiv-novic/3624> (1.7.2015))

V skladu s Pravilnikom o spodnjem ustroju železniških prog (2013), vzdrževanje spodnjega ustroja pomeni izvedbo korektivnih in preventivnih vzdrževalnih del, zamenjavo, nadziranje dela, vodenje registrov in evidenc s pomočjo meritev, pregledov in kontrol. Na podlagi predhodno naštetih vzdrževalnih del, se zagotovi tehnično stanje spodnjega ustroja, ki omogoča varno, zanesljivo in redno vodenje železniškega prometa.

V nadaljevanju je podan seznam del, ki se izvajajo pri vzdrževanju posameznih sestavnih delov spodnjega ustroja (Pravilnik o spodnjem ustroju železniških prog, 2013):

ZEMELJSKO TELO (22.člen)

Brežine nasipov:

- odstranjevanje in čiščenje rastja, grmovja, dreves;
- preprečitev pronicanja vode v nasip z zapolnitvijo vidnih razpok;
- meritve zaradi dvigovanja, posedanja in pomikanja nasipa.

Brežine usekov:

- v primeru ogroženosti železniškega prometa se odstrani drevje in kamenje;
- sidranje v trdno hribino;
- izvedba meritev v primeru nestabilnosti;
- zaščita pred erozijo s pregledi in določenimi ukrepi.

Območje proge:

- odstranjevanje drevja, zaradi varnosti železniškega prometa;
- meritve fiksnih točk zaradi nestabilnosti;
- vzdrževanje protipožarnega zidu in mejnikov.

Bankine:

- ohranjanje nagiba bankin v skladu s predpisanimi nakloni;
- zapolnitev razpok in preprečitev rastja na bankinah.

Planum proge:

- sanacijski ukrepi v primeru deformacij planuma proge:
 - povečanje nosilnosti z vgraditvijo nevezane nosilne plasti;
 - izvedba nagiba planuma plasti (>5%) pod nevezano nosilno plastjo;
 - vgraditev plasti materiala, ki je odporen proti zmrzali;
 - izboljšanje drenažnih značilnosti.

ZIDOVI (33.člen)

- čiščenje drenaž, kanalet, hodnikov, krone zidu, dilatacij;
- odstranjevanje materiala in naplavin zaradi stabilnosti zidu;
- izvajanje nadzora nad razpokami, premiki in vodnimi vplivi;
- čiščenje in zapolnitev fug;
- preprečitev širjenja razpok in prevelikih premikov zidu;
- popravilo odprtih stikov pri kamnitih zidovih, lokalno izpodjedenih temeljev, utrditev neutrjenih kamnov;

- preprečitev korozije.

PREMOSTITVENI OBJEKTI (50 in 51.člen)

Redno vzdrževanje:

- čiščenje objekta, ležišč, opreme, naprav za odvodnjavanje, dilatacij in členkov;
- odstranjevanje nanosov in naplavin;
- obnovitev odvodnjavanja, hidroizolacije, poškodovanih delov stebrov, opornih in podpornih konstrukcij;
- zapolnitev fug, dodajanje in menjava vijakov.

Obnova:

Če z vzdrževalnimi deli ni mogoče zavarovati prometa sledi obnova objektov in sicer:

- hidroizolacije, zgornjega ustroja, odvodnjavanja objekta, določenih konstrukcijskih delov, opornih in podpornih konstrukcij;
- obnova ali zamenjava ležišč, dilatacij, členkov;
- protikorozijska zaščita jeklenih konstrukcij in zaščita betonskih konstrukcij.

GALERIJE, PREDORI IN POKRITI UKOPI (73.člen)

- preprečitev pritekanja in zadrževanja vode v predoru;
- popravila notranjih oblog;
- tesnjenje zidov, materiala hribine, zunanje strani oboka;
- sanacija kamnitih oblog in betona, ki se lušči;
- obnovitev oznak in varnostnih elementov;
- zapolnitev razpok, čiščenje ledu, portalov in krilnih zidov;
- nadzor na sistemi prezračevanja, dostopnih poti, naprav za gašenje;
- sanacija drenaž, jarkov, kanalov;
- humiziranje pobočij z nizkim nadkritjem.

NAPRAVE ZA ODVODNJAVANJE (84.člen)

Odvodni jarki:

- čiščenje naplavin zemeljskih, tlakovanih ali betonskih jarkov, čiščenje rastja;
- vzdrževanje vzdolžnega nagiba jarka;
- zapolnitev stikov zaradi uhajanja vode pri tlakovanih in betonskih jarkih.

Drenažni sistemi in kanalizacija:

- ročno ter strojno čiščenje drenaž ter kanalizacij;
- popravilo poškodovanih delov;
- čiščenje izpustov iz drenaž, jaškov in peskolovov.

Prepusti:

- čiščenje prepustov vključno z njegovimi vtočnimi in iztočnimi deli.

OBJEKTI IN NAPRAVE (96., 102., 109. in 119.člen)

Objekti za zaščito pred vodo, podnebnimi vplivi in hrupom:

- čiščenje in odpravljanje poškodb na objektih;
- odstranitev uničenih dreves v nasadih in ponovna zasaditev.

Peron:

- čiščenje peronov in vzdrževanje varnostnih označb ter elementov za vodenje uporabnikov.

Dostopi do peronov:

- čiščenje talnih površin, izlivnikov in kanalet;
- obnova in zamenjava zaščit jeklenih delov konstrukcij, varnostnih oznak in talnih oblog.

Tirne tehtnice:

- obnavljanje temeljne jame, kanala za komunikacije, cevi za odvodnjavanje;
- vzdrževanje tira, tirnih priključkov, merilnega aparata, instrumentov, inštalacij, mosta tehtnice z vzvodi.

2.2.2 Sestavni deli in vzdrževanje zgornjega ustroja

Zgornji ustroj je objekt, ki predstavlja del železniške proge in se nahaja nad planumom progovnega telesa oziroma nad spodnjim ustrojem železniških prog. Njegova naloga je vodenje tirnih vozil in prenašanje prometne obremenitve na spodnji ustroj (Pravilnik o zgornjem ustroju železniških prog, 2010).

Glavni elementi zgornjega ustroja proge so tirnice, pragi, tirna greda, pritrdilni in vezni pribor.

Tirnica (Slika 6-a) je prvi element, ki sprejema vertikalne in horizontalne sile tirnih vozil ter jih prenaša na prage. Njena funkcija je vodenje in nošenje tirnih vozil. Tirnice se med seboj razlikujejo po dimenzijah, masi, kakovosti in kemični sestavi. Vsaka tirnica mora imeti oznako, ki vsebuje vsaj ime proizvajalca, leto izdelave, standardni profil in kakovost tirnice (Zgonc, 2003).

Pragi so elementi, ki preko tirnic sprejemajo prometne obremenitve in jih enakomerno razporedijo po tirni gredi. Poleg tega je njihova naloga tudi zagotavljanje tirne širine in prečne odpornosti tirne rešetke v tirni gredi. Odporni morajo biti na vremenske razmere in kolesne

udarce pri iztirjenju. Postavitev pragov je odvisna od vrste proge, in sicer na glavnih progah so pragi postavljeni v osnem razmiku, ki znaša 60 cm. Na regionalnih progah pa so osni razmiki pragov odvisni od dopustne osne obremenitve in so v nadaljevanju prikazani v Preglednici 1. Med seboj se razlikujejo po vrsti materiala in sicer, poznamo lesene, betonske (Slika 6-b) in jeklene prage (Zgonc, 2003).

Preglednica 1: Razmik pragov

(Pravilnik o zgornjem ustroju železniških prog, 2010: 47.člen)

Osa obremenitev (kN)	Osni razmik pragov (mm)	Število pragov (kos/km)
225	600	1667
200	650	1538
180	700	1429
160	750	1333



Slika 6: a) tirnica 60 E1 in b) betonski pragi
(Lasten vir)

Tirna greda (Slika 7) kot sestavni del zgornjega ustroja prevzame obremenitve nastale preko tirnic in pragov ter jih prenese na spodnji ustroj proge. Preprečuje bočni pomik tira in vzdolžni pomik pragov, poleg tega pa ima pomembno vlogo pri pronicanju površinske vode, saj omogoča lahko in učinkovito odvodnjavanje (Milojković, 1986). Običajno je zgrajena iz tolčenca, ki je odporen na mraz in obrus. Višina tirne grede med planumom proge in spodnjim robom praga mora biti vsaj 30 cm na glavnih progah, 25 cm na regionalnih progah ter 20 cm na industrijskih in stranskih tirih (Pravilnik o zgornjem ustroju železniških prog, 2010).



Slika 7: Tirna greda
(Lasten vir)

Tirni pribor glede na funkcijo, ki jo opravlja, delimo v tri osnovne skupine, in sicer pritrdilni, vezni in ostali dopolnilni pribor. Pritrdilni pribor veže tirnice na prage, vezni pribor povezuje tirnice med seboj v vzdolžni smeri in dopolnilni pribor služi za ojačitev tirne rešetke, to so naprave proti vzdolžnemu ter bočnemu pomiku tira (Milojković, 1986). Za pritrditev tirnic na prage se v Sloveniji pogosto uporablja toga pritrditev sistema K (Slika 8-a) in elastična pritrditev vrste Pandrol (Slika 8-b). Za vzdolžno povezavo tirnic na tirnem stiku pa služijo vezne spojke z vijaki, ki so prikazane na Sliki 8-a (Zgonc, 2003).



Slika 8: Tirni pribor: a) toga pritrditev sistema K z vezno spojko, b) elastična pritrditev vrste Pandrol
(Lasten vir)

Na podlagi Pravilnika o zgornjem ustroju železniških prog (2010), vzdrževanje pomeni zagotovitev obratovalne sposobnosti prog na ustrezni tehnični ravni, ki omogoča vodenje rednega in varnega železniškega prometa.

V nadaljevanju je podan seznam del, ki se izvajajo pri vzdrževanju posameznih sestavnih delov zgornjega ustroja (Pravilnik o zgornjem ustroju železniških prog, 2010):

TIRNA GREDA, PRAGI, TIRNICE in TIRNI PRIBOR (75. člen):

- ureditev odvodnjavanja planuma in tirne grede;
- mazanje, pritegovanje in kontrola pritrdilnega materiala;
- oskrba vgrajenih pragov (okovanje, začepljenje, premazi);
- uravnavanje tirov, kretnic po širini, višini ter smeri;
- podbijanje posameznih pragov;
- poravnava poševnih pragov in vzdolžno pomaknjenih tirnic;
- brušenje tirnic na določenih delih in regulacija dilatacij;
- čiščenje in odstranjevanje vegetacije, snega ter ledu;
- dopolnitev posameznih delov tira;
- zamenjava iztrošenih in poškodovanih tirnic, pragov, tirnega pribora, kretnic, tirnih križišč, lepljenega izoliranega stika;
- dopolnitev tirne grede in manjkajočega tirnega pribora;
- sejanje tirne grede;
- varjenje in brušenje tirnic;
- popolna zamenjava zgornjega ustroja z novim ali obnovljenim materialom (v primeru kadar je tir popolno izrabljen in deformiran).

2.2.2.1 Pogoji in načini izvedbe vzdrževalnih del na zgornjem ustroju

V skladu s Pravilnikom o zgornjem ustroju železniških prog (2010) se morajo upoštevati naslednji predpisani pogoji in načini izvajanja del pri vzdrževanju zgornjega ustroja. In sicer, vzdrževalna dela zgornjega ustroja morajo opravljati vzdrževalci, ki so seznanjeni z upravljanjem in vzdrževanjem orodja ter strojne mehanizacije. Seznanjeni morajo biti tudi s predpisi in zaščitnimi ukrepi o varnosti pri delu ter jih seveda upoštevati.

Vzdrževalna dela z drobno progovno mehanizacijo se običajno izvajajo med potekom prometa z ustrezno prilagodljivostjo. Zaradi varnosti izvedbe vzdrževalnih del, se zahtevajo počasne vožnje, ki so manjše od največje dovoljene progovne hitrosti ali od omejene hitrosti ter so skladne s predpisi Prometnega pravilnika (2011).

Pri izvedbi del s težko progovno mehanizacijo in pri izvajanju obsežnejših del se uvede zapora tira oz. proge, ki pomeni izločitev tira oz. proge iz uporabe. Vsi pogoji in postopki pred uvedbo in po končanju zapore, morajo biti v skladu s predpisi Signalnega pravilnika (2007) in Prometnega pravilnika (2011).

V okviru vzdrževalnih del s težko progovno mehanizacijo se izvede tudi višinska in smerna regulacija tira. Če se tirna greda ne odstrani, je treba pred izvedbo regulacije tira prečistiti lokalno zablatena mesta in dopolniti, pritegniti ter podmazati tirni pribor (Pravilnik o zgornjem ustroju železniških prog, 2010).

Po končanih delih na zgornjem ustroju se pred vzpostavitvijo prometa, opravijo kontrole in pregledi z merilnimi napravami, ročnimi merili ali merilnimi vozili. Preverja se geometrijsko stanje vertikalnih in horizontalnih elementov proge, naprave za preprečevanje vzdolžnega pomikanja tirnic in opravi se pregled profila tirne grede (Pravilnik o zgornjem ustroju železniških prog, 2010).

Pomembno je omeniti, da se v skladu s Pravilnikom o zgornjem ustroju železniških prog (2010), strojna vzdrževalna dela ne izvajajo pri zunanjih visokih temperaturah.

Pred zaključkom del se morajo namestiti še signalnovarnostne in telekomunikacijske naprave (SVTK), ki so bile demontirane pred izvedbo vzdrževalnih del. Šele po tem se izdelajo poročila in evidence o kakovosti opravljenih del (Pravilnik o zgornjem ustroju železniških prog, 2010).

3 MEHANIZACIJA

Vzdrževanje, obnova, gradnja in nadgradnja železniške infrastrukture zajemajo velik obseg gradbenih del, ki jih ni moč opraviti brez mehanizacije. Na podlagi Zakona o graditvi objektov (2004) mehanizacija predstavlja sredstvo v obliki strojev, opreme in naprav, ki je namenjena za izvajanje pripravljalnih del, gradbenih del in zaključnih gradbenih del na gradbišču. Namenjena je tudi za namestitve in vgraditev strojnih ter električnih inštalacij in za proizvodnjo gradbenih izdelkov (Zakon o graditvi objektov, 2004).

Mehanizacija je izdelana in sprojektirana tako, da se delo s pomočjo človeškega upravljanja izvede na najbolj optimalen način, torej kvalitetno, učinkovito in racionalno.

Razvoj in uporaba mehanizacije v gradbeništvu je pripomogla k izpopolnjevanju gradbene tehnologije ter proizvodnje. S pomočjo nje se je človek v veliki meri razbremenil težkega fizičnega dela. Zmanjšal se je obseg ročnega dela in časovna izvedba del se je bistveno zmanjšala (Mirković, 2005).

V nadaljevanju je mehanizacija razdeljena na gradbeno, transportno in progovno mehanizacijo.

3.1 Gradbena mehanizacija za vzdrževanje in gradnjo železniške proge

Gradbeni stroji se večinoma uporabljajo za izvedbo zemeljskih del na železniški progi. Sodobna mehanizacija uporablja različne načine in metode za izvajanje zemeljskih del, ki so odvisne od karakteristik zemljine (gostota, specifična teža, vlažnost, granulometrijska sestava, kohezija, geološke in geomehanske lastnosti). Zemeljska dela v glavnem zajemajo procese izkopavanja, transporta in vgradnjo zemeljskega materiala (Mirković, 2005).

V nadaljevanju so predstavljeni gradbeni stroji, ki se uporabljajo za vzdrževanje in gradnjo spodnjega ter zgornjega ustroja železniške proge (Pirš, 2011). Ti stroji so:

- bager;
- buldozer;
- greder;
- rovokopač – nakladač;
- nakladač;
- valjar.

Bager sodi v skupino težke gradbene mehanizacije, ki je namenjena za opravljanje različnih zemeljskih del. Njegovi osnovni sestavni deli so kabina z upravljalno opremo, v kateri je nameščena naprava za upravljanje celotnega stroja, krak z žlico (čelna, globinska, vlečna, zajemalna in planirna žlica), hidravlična roka nad krakom, rotirajoči podstavek in podvozje z gosenicami ali pnevmatikami. Osnovni sestavni deli bagra so prikazani na Sliki 9.

Bagri se delijo glede na število, velikost in vrsto žlic, način dela, vrste pogona in gibalnih naprav. Večinoma jih uporabljamo za izkop, transport in nalaganje oziroma razkladanje zemeljskega materiala v deponije ali v kesone transportnih mehanizacij. Poleg tega so namenjeni tudi za ravnanje in planiranje terena ter pobočja nasipa, useka in zaseka. Njihova univerzalnost se nanaša na sposobnost menjave nastavka žlic in priključkov, s pomočjo katerih izvajajo različna gradbena oziroma zemeljska dela (Mirković, 2005).



Slika 9: Sestavni deli bagra

(http://us00.i.aliimg.com/img/pb/954/577/593/593577954_422.jpg (8.7.2015))

Buldozer (Slika 10) spada v skupino izkopno – transportnih gradbenih strojev, ki istočasno opravlja dve funkciji. Poskrbi za izkop zemeljskega materiala po slojih v višini od 0,10 m do 1,25 m in transportira izkopni material do deponije na dolžini do 200 m. Buldozer je traktorsko vozilo na gosenicah ali pnevmatikah, ki ima na sprednjem delu nameščen plug, na zadnjem delu pa buldozerski nož (Mirković, 2005). Glavno orodje buldozerja je sprednji plug, katerega širina in višina sta odvisni od vrste dela, ki ga opravlja, vrste zemljine in od moči motorja. Širina pluga lahko znaša do 5,5 m, višina pa do 1,8 m (Berdajs, 2012). Ostali sestavni deli buldozerja so še pogonska naprava in kabina z upravljalno napravo. Poleg izkopa in odnosa zemeljskega materiala, buldozer opravlja delo kot je krčenje, čiščenje rastja

oziroma terena, grobo planiranje temeljnih tal, odstranitev humusa, nalaganje zemlje in tolčenca ter zasipavanje manjših jam (Mirković, 2005).



Slika 10: Buldozer

(<http://www.hidroregulacija.hr/index.php/fotogalerija/mehanizacija.html?page=2&catpage=1>
(8.7.2015))

Greder (Slika 11) je masiven gradbeni stroj, ki služi za razprostiranje in planiranje zemeljskega materiala ter za gradnjo nasipa in nevezane nosilne plasti železniške proge. Služi tudi za izkop materiala po plasteh v višini od 10 cm do 15 cm in transportira material v deponije. Poleg tega se uporablja tudi za odstranitev humusa in rastja (Mirković, 2005).

Greder je traktorsko vozilo na pnevmatikah s hidravličnim pogonom na vsa štiri kolesa (Mirković, 2005). Med pnevmatikami na srednjem delu grederja se nahaja nož v obliki rezila, ki predstavlja osnovno funkcijo stroja. Rezilo je blago zaobljeno, običajna širina znaša med 2,3 m in 4,8 m, višina pa najpogosteje do 0,5 m. Konstrukcija grederju omogoča, da rezilo lahko obrača okoli svoje vertikalne in horizontalne osi. Torej se lahko dvigne in spusti ter spreminja svoje kotne položaje (Grejderi, 2015). Na sprednjem delu grederja je lahko nameščena tudi odrivna deska za grobo planiranje materiala, na zadnjem delu pa rijač za rahljanje terena (Berdajs, 2012). Posebnost grederja je v držalu sprednjih pnevmatik, saj jim omogoča nagib v vertikalni ravnini in s tem tudi vožnjo po terenu različnega naklona. Upravljanje z grederjem je lahko mehansko, hidravlično ali kombinirano. Današnji grederji so večinoma opremljeni s hidravličnim servo pogonom (motorjem) (Grejderi, 2015).



Slika 11: Greder

(<http://www.gfos.unios.hr/portal/images/stories/studij/strucni/tehnologija-i-strojevi-za-gradjenje/tehstr2.pdf> (8.7.2015))

Rovokopač – Nakladač (Slika 12) je gradbeni stroj, ki mu pravimo tudi kombinirka. Ime je dobil po lastni konstrukcijski sestavi, ki predstavlja kombinacijo bagra in nakladača. Na sprednjem delu konstrukcije se nahaja čelna nakladalna žlica, na zadnjem delu pa bagrski krak z globinsko žlico. Ostali sestavni deli so še kabina z upravljalno napravo stroja, pogonska naprava in podvozje s pnevmatikami ali gosenicami. Kombinirka služi večinoma za izkop, nakladanje, ravnanje in transport zemeljskega materiala na krajše razdalje. Pravimo mu tudi univerzalni stroj, saj opravlja veliko različnih del in lahko menjava priključke orodij (Marinčič, 2010). Kombinirka ima pogon na vsa štiri kolesa in na podlagi svojih dimenzij, ji je omogočeno lahko manevriranje v specifičnih pogojih gradnje. Zaradi svoje ekonomičnosti in univerzalnosti so kombinirke najpogostejše uporabljeno mehanizirano sredstvo v gradbeništvu (Portal građevinarstva i građevinske industrije, 2015).



Slika 12: Rovokopač – Nakladač (kombinirka)

(<http://www.utolicasisak.hr/usluge-icb.aspx> (9.7.2015))

Nakladač (Slika 13) je gradbeni stroj, ki služi za nakladanje in transport sipkega ter razsutega materiala kot so zemlja, pesek in kamenje. Sestavljen je iz pogonskega motorja, podvozja s pnevmatikami, nakladalne zajemalke in upravljalne kabine. Pogonski motor s pomočjo dizelskega goriva sproži delovanje hidravlične črpalke, na podlagi katere se gibljejo pnevmatike in nakladalna zajemalka. Nakladalna zajemalka je glavno delovno orodje stroja, ki se nahaja na sprednji strani in je iste širine kot nakladač ali celo širša. Njena velikost in oblika sta odvisni od vrste materiala, ki ga stroj naklada. Podvozje je običajno nameščeno na gumastih kolesih (pnevmatikah) in redko na gosenicah. Upravljanje nakladalne zajemalke se izvaja preko hidravlične črpalke, in sicer s sistemom dvigovanja in spuščanja ter odpiranja in zapiranja zajemalke. Z razliko od bagra, ki v fazi zajemanja materiala stoji na mestu, se nakladač med nakladanjem premika. Nakladač ni namenjen za izkop materiala, temveč samo za manjše, grobo in površno ravnanje zemlje, zaradi lažjega nakladanja in gibanja samega stroja (Mirković, 2005 in Berdajs, 2012).



Slika 13: Nakladač

(<http://www.vlaki.info/forum/viewtopic.php?t=3063&start=195> (30.3.2016))

Valjar spada v skupino gradbenih strojev za utrjevanje zemeljskega materiala. Namen valjarja je zagotavljanje projektirane stabilnosti, nosilnosti ter seveda predpisane kompaktnosti zemljine. Utrjevanje pomeni zgoščevanje tal oziroma stiskanje odvečne vode in zraka iz por. Mehansko utrjevanje materiala se lahko izvede na statični, dinamični (udarni) in vibracijski način. V skupino statičnih valjarjev spadajo valjarji z gladkimi, rebrastimi, pnevmatskimi in kombiniranimi kolesi (Slika 14). Žabe oziroma udarni nabijači sodijo v skupino dinamičnih strojev, ki služijo za utrjevanje vezljivega in sipkega materiala pri manjšem obsegu del kot so npr. bankine. Za utrjevanje tal se danes najpogosteje uporabljajo stroji na vibracijski način kot so vibracijski valjarji, vibracijske plošče in vibracijski nabijači. Uporaba le-teh zagotavlja ustrezne rezultate pri utrjevanju posameznih slojev materiala (Mirković, 2005).



Slika 14: Valjar s kombiniranimi kolesi
(<http://www.jelen.si/si/gradbenistvo/strojna-zemeljska-dela/> (15.11.2015))

3.2 Transportna mehanizacija za vzdrževanje in gradnjo železniške proge

S transportno mehanizacijo se ne izvaja mehanska ali druga sprememba gradbenega materiala in gradbenih strojev, temveč samo njihov transport iz ene lokacije na drugo (Mirković, 2005). Njena uporaba je pomembna tako za spodnji kot za zgornji ustroj železniške proge. Transportna sredstva, ki se večinoma uporabljajo za dela na železniških progah so:

- kamion, prekucnik in kamion z dvigalno napravo;
- vlačilec;
- stroji za železniški transport (samohodno nosilni železniški stroji, transportni vagoni);
- težka motorna drezina.

Kamion (Slika 15-a) spada v skupino samonosilne transportne mehanizacije, ki služi za transport zemeljskega in gradbenega materiala. Kamioni se pogosto uporabljajo v gradbeništvu večinoma zaradi samostojnosti pri izvajanju prevoza, saj so sposobni prevažati material neposredno na mesto uporabe brez pretovarjanja. Poleg tega imajo veliko kapaciteto in izjemno okretnost. Njihova transportna hitrost je velika in se giblje okoli 80 – 120 km/h. Kamion je v osnovi sestavljen iz kabine, podvozja, kesona, pomičnih, pogonskih in upravljalnih naprav (Mirković, 2005).

Prekucnik (Slika 15-b) je vrsta kamiona, ki se uporablja za transport sipkih in razsutih materialov. Njegova posebnost je v kesonu, saj s pomočjo hidravlične naprave dvigne keson na bok ali vzvratno ter s tem omogoči nasutje materiala (Berdajs, 2012).

Kamion z dvigalno napravo (Slika 16) se uporablja za dostavo gradbenega materiala na gradbišče. Njegovo glavno delovno orodje je hidravlična dvigalna naprava, ki je sestavljena iz večdelne teleskopske roke in sistema vrvi z vitlom. Le-ta je nameščena za kabino kamiona ali pa na koncu kesona, kjer se nahajajo tudi ročice za upravljanje in dva hidravlična stabilizatorja. Stabilizatorja služita kot opora med nakladanjem in razkladanjem kesona, sicer bi prišlo do prevrnitve vozila (Berdajs, 2012).



Slika 15: a) Klasični kamion in b) Prekucnik
a) Lasten vir, b) <http://www.lev.si/ponudba/7/24/66/> (22.1.2016))



Slika 16: Kamion z dvigalno napravo
(<http://www.sbtippers.co.uk/hiab-wagon-hire/> (15.3.2016))

Dvoosne ali večosne prikolice priključene na kamion imenujemo **vlačilci** (Slika 17), služijo kot transportno sredstvo razni gradbeni (buldozer, valjar, nakladač itd.) in progovni mehanizaciji. Njihovi osnovni sestavni deli so podvozje s pnevmatikami, prikolice, kabina z upravljalnimi napravami, pomične in pogonske naprave. Ker imajo veliko nosilnost in stabilnost so uporabni za transport težke strojne mehanizacije. S sodobnimi servo-napravami in napravami za upravljanje so sposobni doseči izjemno visoke hitrosti tudi do 120 km/h (Mirković, 2005). Na zadnjem delu vlačilca je pritrjena nakladalna rampa, ki služi za

nalaganje gradbenih strojev. Ko se gradbeni stroj zapelje preko nakladalne rampe mora biti njena površina čista, saj bi med nalaganje prišlo do zdrsa in padca stroja. Gradbeni stroj se na prikolicah vlačilca zavaruje s podporami koles in z vrvmi, ki se privežejo v vzdolžni in prečni smeri (Berdajs, 2012).



Slika 17: Vlačilec
(<http://grading.ba/mehanizacija-transporta.html> (9.7.2015))

Stroji za železniški transport se večinoma uporabljajo za prevoz različnih vrst gradbenega materiala. Za prevoz manjših količin materiala, ki služi za vzdrževanje zgornjega ustroja železniške proge se uporabljajo **samohodno – nosilni železniški transportni stroji**. Ti so sestavljeni iz podvozja s pomičnimi napravami, tovarnega vagona, pogonskih, prenosnih in upravljalnih naprav. Sodobnejši stroji, za nakladanje in razkladanje materiala v tovarne vagone, uporabljajo lastne hidravlične teleskopske žerjavi (Slika 18), sicer pa se uporabijo različni nakladači in portalne žerjavi (Mirković, 2005).



Slika 18: Transportni železniški stroj pri nakladanju lesenih pragov
(<http://www.plassertheurer.com/en/machines-systems/track-maintenance-track-motor-vehicles-obw-10.html> (3.10.2015))

Za transport večjih obremenitev kot npr. tirnice, se v večini uporabljajo *železniška vozila* sestavljena iz *lokomotive* in določenega števila *vagonov*. Takšnemu železniškemu vozilu pravimo **vlak za transport tirnic »Silad«** (Slika 19), ki se uporablja za transportiranje, razkladanje in nakladanje dolgo varjenih tirnic. Osnovni sestavni deli vlaka so (Barunčič, 2007):

- kabina z upravljalnimi napravami;
- štiriosni vagoni, ki so med seboj povezani;
- dvigalo z dvema upravljalnima rokama v obliki klešč za prijem tirnice in
- pomična steza na vagonih, s pomočjo katere se dvigalo premika.

Med seboj je povezanih devet vagonov, na katere se lahko pritrdi največ 30 tirnic dolžine do 120 m. Tirnice se nakladajo in razkladajo na koncu vagonov, kjer so postavljena drsna vodila in voziček za usmeritev tirnic. Ob razkladanju tirnic na teren, dvigalo s kleščami zagrabi dve tirnici hkrati in se premika proti koncu vagona. Tirnici se nato preko drsnih vodil položijo na teren. V fazi nakladanja tirnic na vlak, dvigalo na koncu vagona zagrabi tirnici in se premika po pomični stezi ter vleče tirnici, dokler niso v celoti položene na vagone vlaka (Barunčič, 2007).



Slika 19: Vlak za transport tirnic

(http://www.miniaturna-zeleznica.com/galerije/Obnova25_SI_Bist_Prag_2tir/index.php (8.9.2015))

Vagoni za razliko od ostalih transportnih sredstev ne vsebujejo pogonskih naprav. Sestavljeni so iz šasije (podvozja), vagonskega podstavka in tovornega prostora (Mirkovič, 2005). Tovorni prostor je lahko v obliki odprtega kesona (vagoni Faccs in prekucniki Eamos) in plato vagona (serije K in Regs).

Vagoni Faccs (Slika 20) služijo za transport lomljenega kamna, tolčenca, peska in premoga. S pomočjo odpirajočih loput na dnu vagonov razkladajo transportiran material neposredno na

teren, planum proge ali tirno rešetko. So štiriosni odprti vagoni, na katere se material nalaga z vrha, razkladanje se pa izvaja gravitacijsko (Slovenske železnice, tovorni promet, 2016).

Plato vagoni (serije K in Regs) služijo za transport končnih proizvodov (npr. tirnic, pragov), gradbenih strojev, linijskih, površinskih in montažnih elementov ter kontejnerjev (Mirković, 2005). Plato vagoni tipa K (Slika 21) so dvoosni vagoni, prilagojeni vožnji pod portalnim dvigalom. Vagoni Regs so štiriosni s stranicami ali brez, po konstrukciji so zelo podobni vagonom serije K (Slovenske železnice, tovorni promet, 2016).

Prekucniki Eamos (Slika 22) so odprti vagoni, namenjeni za prevoz tolčenca in drobnozrnatega materiala, ki je odporen na vremenske vplive. Nakladanje materiala na vagone se izvede preko rezervoarja, nakladača ali pomičnih tekočih trakov. Razkladanje materiala pa se vrši z dvigovanjem vagona na bočno stran. V Sloveniji se prekucniki običajno uporabljajo pri nasutju materiala (npr. vgraditev nevezane nosilne plasti) na dvotirnih progah (Vagon Eamos, 2015).



Slika 20: Faccs vagoni

(<http://www.zeljeznice.net/forum/index.php?/topic/7162-faq-teretni-vagoni/> (12.7.2015))



Slika 21: Plato vagon serije K

(<http://www.zeljeznice.net/forum/index.php?/topic/7162-faq-teretni-vagoni/> (12.7.2015))



Slika 22: Prekucnik Eamos
(http://ddsv.hr/vagon_eamos-z_1.html) (29.1.2016))

Poleg omenjenih tovornih vagonov imajo pomembno funkcijo tudi **transportni vagoni za presevke**, ki se uporabljajo pri sejanju tirne grede, in sicer na območju usekov (Slika 23-a). Material drobne frakcije se preko tekočih trakov iz sejalnega stroja nalaga na vlak za presevke, ki je običajno sestavljen iz osmih vagonov. Na vrhu vagonov so nameščeni posebno oblikovani tekoči trakovi s sitom in usmerjevalnik materiala (Slika 23-b) (Barunčić, 2007).



Slika 23: a) Vlak za presevke, b) tekoči trak na vrhu vagonov
(Barunčić, 2007)

Težka motorna drezina (Slika 24) je progovno servisno vozilo, ki se uporablja za transport vagonov in prikolic. Na dvoosnem plato vagonu je lahko nameščena manjša hiša, kjer se shranjuje oprema in material za varjenje tirnic. Ta vagon imenujemo varilska prikolica (ŽGP – Strojni park, 2015). Poleg navedenega se motorna drezina uporablja tudi za prevoz ostalega železniškega materiala in opreme ter za čiščenje brežin na železniški progi. Osnovni sestavni deli težke motorne drezine so kabina za upravljanje, vagon ali prikolica, hidravlično

dvigalo, ki je običajno nameščeno na koncu vagona, železniška tirna kolesa in nosilna šasija (Pirš, 2011).



Slika 24: Težka motorna drezina
(<http://www.vlaki.info/forum/viewtopic.php?t=3063&start=195> (30.3.2016))

3.3 Progovna mehanizacija za vzdrževanje in gradnjo železniške proge

Poleg gradbene in transportne mehanizacije, ki je opisana zgoraj, je v nadaljevanju predstavljena progovna mehanizacija. Progovna mehanizacija se večinoma uporablja za dela na zgornjem ustroju železniških prog. Med progovno mehanizacijo uvrščamo stroje, ki se uporabljajo za namestitev tirnic, pragov in kretnic, za urejanje tirne grede, za čiščenje in sejanje tirne grede, za smerno in višinsko regulacijo ter za dinamično stabiliziranje tira (Mirković, 2005).

3.3.1 Mehanizacija za namestitev in odstranitev tirne rešetke

V tem poglavju se bom osredotočila na ročno in samohodno mehanizacijo, ki služi za pripravo, namestitev in demontažo tirnic, kretnic, pragov ter tirnega pribora. Mehanizirani stroji, ki se uporabljajo za predhodno omenjena dela so (Mirković, 2005):

- stroj za vrtanje lesenih pragov;
- stroj za privijanje in odvijanje vijakov ter tirfonov;
- stroj za rezanje tirnic;
- stroj za vrtanje tirnic;
- stroj in oprema za varjenje tirnic;
- brusilni stroj in brusilni vlak;

- železniško portalno dvigalo;
- hidravlični stroj za dvigovanje in vnos tirnic;
- hidravlični dvopotni nakladalnik.

3.3.1.1 Ročna mehanizacija

Stroj za vrtanje lesenih pragov (Slika 25) se uporablja za izdelavo lukenj v lesenih pragih, in sicer za pritrditev podložnih plošč na prage. Glede na svojo velikost sodi v skupino manjše strojne mehanizacije. Stroj je enostavne sestave z lastnim pogonom, ki se uporablja za vrtanje lukenj v posamezne lesene prage na terenu, saj se običajno podložne plošče prehodno namestijo v delavnicah. Posebnost vrtalnega stroja je v njegovi funkciji, saj lahko vrta v vertikalni smeri ali v 5 % naklonu. Po sestavi in funkciji je zelo podoben stroju za privijanje vijakov ter tirfonov (vijačniku) (Mirković, 2005).



Slika 25: Vrtalni stroj

(<http://www.fcsrail.com/en/rail-way-equipment/portable-sleepers-drilling-machine-ftp-950-p>
(3.11.2015))

Stroj za privijanje in odvijanje »vijačnik« (Slika 26) sodi v skupino manjše strojne mehanizacije, ki služi hitremu in zanesljivemu privijanju in odvijanju vijakov ter tirfonov med montažo podložnih plošč in veznih spojk. Sestavni deli stroja so samohodna železniška kolesa, naprava za upravljanje in orodje v obliki viličastega ali obročastega ključa s pogonskim motorjem. Glavno delovno orodje stroja je sestavljeno iz reduktorja, delovnega dleta v obliki rezila in ustreznega obročastega ključa za vijake in tirfone. V primeru polaganja novega tira na daljših odsekih, se z vijačnikom lahko v eni uri privije do 400 vijakov na dolžini 80 m proge (Mirković, 2005).



Slika 26: Stroj za privijanje in odvijanje vijakov in tirfonov
(Lasten vir)

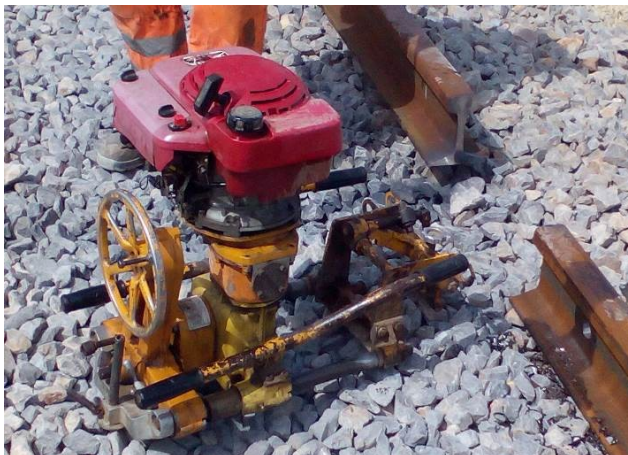
Stroj za rezanje tirnic (Slika 27) se uporablja za rezanje tirnic. Proces rezanje tirnice običajno traja do 10 minut. Stroj je po sestavi zelo podoben stroju za privijanje in odvijanje vijakov ter tirfonov, razlika je le v glavnem delovnem orodju, ki je v obliki žage in rotacijskega brusilnika. Rotacijski brusilnik je v celoti obložen z industrijskim diamantom ali s kombinacijo karbidne trdine (»widia«) in jekla. Sestavni del stroja je še pogonski motor (dizel ali bencin) z relativno majhno močjo in sicer do 10 kN (Mirković, 2005).



Slika 27: Stroj za rezanje tirnic
(<http://www.lanksing.com/en/ProductView.asp?ID=40> (10.9.2015))

Stroj za izdelavo lukenj v tirnicah (Slika 28) se uporablja za vrtanje lukenj v vratu tirnice. Predhodno zrtane luknje so namenjene za namestitev veznega tirnega pribora pri vzdolžnem povezovanju tirnic. Izdelava ene luknje v tirničnem vratu se s pomočjo stroja za vrtanje izvede v času 3 min. Stroj je enostavne sestave iz lahkega železniškega kolesa, orodja za vrtanje tirnic (vrtalnika), pogonskega motorja in naprave za upravljanje. Centriranje

vrtalnika pred in med vrtanjem se izvede ročno ali pa s posebnim avtomatskim sistemom. Vrtalnik je po sestavi zelo podoben stroju za vrtanje lesenih pragov (Mirković, 2005).



Slika 28: Stroj za vrtanje tirnic
(Lasten vir)

Stroj in pripomočki za varjenje tirnic so namenjeni za povezovanje tirnic v neprekinjeno zvarjeni tir (NZT). Obstajata dva tehnološka načina varjenja tirnic, in sicer elektroobločno in alumotermijsko varjenje (Mirković, 2005).

Elektroobločno varjenje se uporablja za hitro in učinkovito varjenje tirnic z uporabo strojne mehanizacije. Stroj za elektroobločno varjenje je težko samostojno železniško vozilo z napravami za varjenje na posebni konzoli (Slika 29). Naprave na konzoli ustvarjajo električni tok visoke napetosti, ki poteka skozi prevodnike majhnega preseka in tako proizvaja veliko toplote potrebne za varjenje tirnic. Stroj v času vožnje lahko doseže hitrost do 80 km/h, med procesom varjenja pa se ne premika. Novejši stroji imajo hidravlične stabilizatorje, s pomočjo katerih se lahko stroj samostojno dvigne s tira in se namesti na prikolice vlačilcev (Mirković, 2005).



Slika 29: Stroj za elektroobločno varjenje
(http://www.remtech.info/used_prms4.htm (3.9.2015))

Za alumotermijsko varjenje (Slika 30) se ne uporablja mehanizacija, ampak pripomočki kot so varilni lonec, kalup, plinski gorilnik, držalo za postavitve lonca, hidravlična naprava za odstranitev vročega kalupa in brusilnik za brušenje glave ter robnih delov tirnice (Ilić, 2015).



Slika 30: Alumotermijsko varjenje
(<https://www.youtube.com/watch?v=XQViDITyIKs> (1.12.2015))

Brusilni stroj in brusilni vlak (Sliki 31 in 32) se uporabljata za brušenje zvarjenih delov tirnic (stikov) in površinskih poškodb na tirnicah ter kretnicah.

Brusilni stroj sodi v skupino manjše strojne mehanizacije in se uporablja večinoma za brušenje zvarjenih delov tirnic in kretnic, lahko tudi za sanacijo manjših poškodb na glavi tirnice. Sestavljen je iz podvozja z manjšimi železniškimi kolesi, naprave za brušenje, pogonske naprave in naprave za upravljanje stroja. Glavno brusilno orodje ima prenosno napravo, brusilno glavo in ploščo, ki je nameščena na podvozju stroja. Brusilna glava s ploščo se upravlja ročno ali popolnoma avtomatsko (Mirković, 2005).



Slika 31: Brusilni stroj
(<http://robel.info/en/products/detail.asp?id=123&tit=13.44+Rail+Head+Grinding+Machine> (3.9.2015))

3.3.1.2 Samohodna mehanizacija

S pomočjo **brusilnega vlaka** se doseže boljša kvaliteta ter večja hitrost brušenja. Tudi ta stroj ima ustrezne brusilne plošče, na podlagi katerih se zbrusi zgornji del in obe bočni strani glave tirnice. Sestavljen je iz podvozja težkega železniškega vozila, ki je nameščen na dva ali štiri ležajna stojala. Ostali sestavni deli so še brusilna garnitura z večjim številom brusilnih glav, naprava za čiščenje obrušenega mesta, rezervoar za vodo, pogonska naprava in dve upravljalni kabini na obeh koncih stroja. Med brušenjem se stroj vozi s hitrostjo od 3 do 5 km/h, sicer pa lahko doseže hitrost do 100 km/h (Mirković, 2005).



Slika 32: Brusilni vlak
(<http://www.vlaki.info/forum/viewtopic.php?t=6177> (2.3.2016))

Klasično **železniško portalno dvigalo** (Slika 33) se uporablja za nakladanje ali razkladanje pragov na ali z plato vagonov. Portalno dvigalo se med nakladanjem ali razkladanjem vozi po predhodno nameščeni portalni stezi, ki ima običajno večjo tirno širino od normalne. Osnovni sestavni deli portalnih dvigal so nosilne grede, portalni stebri z železniškimi tirnimi kolesi, žerjavna kolesa z zajemalnimi kavli in prekladami, pogonska naprava in majhne kabine z upravljalnimi napravami. Na dnu portalnih stebrov se nahaja pomični del v obliki železniških tirnih koles, ki služi za vožnjo po portalni stezi. Kabina je nameščena ob portalnem stebru in je zelo majhne velikosti. Vanjo lahko stopi samo en delavec. Kabina je namenjena za upravljanje celotnega portalnega dvigala preko upravljalne naprave. Poleg tega se dvigalo lahko upravlja tudi izven kabine s pomočjo radio-relejnega sistema (Mirković, 2005).



Slika 33: Portalno dvigalo
(Lasten vir)

Hidravlična naprava za dvigovanje in vnos tirnic (Slika 34) se uporablja za polaganje ali odstranitev dolgo varjenih tirnic na ali z pragov. Pri polaganju tirnic na prage, le-te predhodno služijo kot portalna steza portalnemu dvigalu.

V osnovi je stroj sestavljen iz dizelskega motorja, hidravličnih cilindrov, nadzorne plošče, tirnih koles in prijemalk. Naprava je mehanizirano sredstvo, ki deluje na hidravlični pogon in s katero lahko upravlja samo en delavec. Med vožnjo po tirnicah se le-ta avtomatsko prilagaja tirni širini in je primerna za vse oblike tirnic. Glavno delovno orodje sta hidravlični prijemalki (klešče), ki sta nameščeni na obe roki stroja. Naloga prijemalk je trden oprijem tirnične glave, ki preprečijo obračanje ali nagib tirnice. V osrednjem delu stroja se nahaja dvigalka, ki služi za dvig stroja s terena. Le-ta se najprej spusti na tla in nato dvigne stroj sočasno s tirnicami. Tirnici se nato s pomočjo leve in desne prijemalke položita na prage oz. podložne plošče ali odstranita z pragov (Rail Threading Machine, 2015; Pirš, 2011).



Slika 34: Naprava za vnos tirnic
(Lasten vir)

Dvopotni nakladalnik, imenujemo tudi **dvopotni bager** (Slika 35), sodi v skupino težke progovne mehanizacije. Večinoma se uporablja za vzdrževalna dela in gradnjo na zgornjem ustroju železniške proge. Dvopotni nakladalnik je nameščen na podvozje s pnevmatikami in tirnimi kolesi, kar mu omogoča vožnjo po cesti in tiru. Glavno delovno orodje je hidravlična roka bagra, s pomočjo katere se nakladajo in razkladajo pragi, tirnice ter tolčenec. Nanjo se lahko namestijo različni priključki (npr. klešče, zajemalna lopata, magnetni priključek), ki opravljajo različne funkcije (dvigovanje, zajemanje, prekladanje, grobo planiranje). Upravljanje in vožnja z dvopotnim bagrom se izvaja neposredno iz kabine preko naprav za upravljanje stroja (ŽGP – Strojni park, 2015).



Slika 35: Hidravlični dvopotni nakladalnik
(<http://www.vlaki.info/forum/viewtopic.php?t=4594&start=120> (15.3.2016))

3.3.2 Mehanizacija za urejanje tirne grede

Stroj za urejanje tirne grede (Slika 36) služi za hitro in učinkovito oblikovanje ter vzdrževanje tirne grede. Uporablja se za planiranje tolčenca med pragovi, za profiliranje in razširjenje tolčenca po fazi regulacije tira ter za izvedbo drenažnih rovov pri dvotirnih progah. Vzdrževanje tirne grede je ena od primarnih nalog z vidika varnosti gibanja tirnih vozil. Osnovni sestavni deli stroja za urejanje tirne grede so (Mirković, 2005):

- podvozje samohodnega železniškega stroja z ustreznimi pomičnimi napravami;
- silos za shranjevanje tolčenca;
- tekoči trakovi;
- čelni plug za ravnanje tirne grede, čelni klinasti noži;
- bočni plug za profiliranje tirne grede;
- rotirajoče metle za pometanje tolčenca;
- pogonske naprave;

- kabina z napravami za upravljanje stroja in za kontrolo dela (Slika 37).

Siloski so iz jeklene pločevine v obliki odprte prizme, ki lahko sprejmejo od 3 do 5 m³ tolčenca. Tolčenec iz silosov gravitacijsko pada na tekoči trak, ki je iz gumijastega materiala dolžine med 4 in 6 m ter širine med 60 in 80 cm. Tolčenec preko tekočih trakov pade na dno posebno oblikovanih čelnih in srednjih plugov, v prostor med pragovi ter na bočno stran tirne grede (Mirković, 2005).

Čelni plug je v obliki trapezne žlice, sestavljen iz poševne stranice in nagnjenega dna. S pomočjo čelnega pluga se tolčenec potisne med prage in na čelno stran praga. Dno čelnega pluga je oblikovano z ovijajočimi zaščitnimi ploščami nad tirnico, ki preprečujejo tolčencu, da pade na tirnico in jo s tem poškoduje. Plugi na sredini stroja so sestavljeni iz dveh nasprotno zvarjenih čelnih plugov. Čelni klinasti plugi pa služijo večinoma za planiranje predhodno nasutega tolčenca in so sestavljeni iz dveh poševnih površin, ki so med seboj povezane v obliki klina (Mirković, 2005).

Bočni plugi, nameščeni na bočnih straneh stroja, služijo za planiranje bočnih delov tirne grede in so zelo podobni plugu oziroma rezilu grederja. Poleg omenjenih plugov so na zadnjem delu stroja nameščene tudi rotirajoče metle, ki so postavljene pravokotno na vzdolžno os stroja. Njihova naloga je odstranitev tolčenca s pragov in tirnega pribora (Mirković, 2005).

Vožnja stroja in profiliranje tirne grede se izvaja na podlagi dizelskega motorja. Med profiliranjem se stroj vozi s hitrostjo od 5 do 26 km/h, sicer pa lahko doseže hitrost do 80 km/h. Stroj lahko v eni uri uredi tirno gredo na dolžini do 600 m proge (Mirković, 2005).



Slika 36: Stroj za profiliranje tirne grede

(http://www.miniaturna-zeleznica.com/galerije/Obnova24_Sl_Bist_Prag_2del/index.php (16.9.2015))



Slika 37: Kabina stroja

(<http://www.plassertheurer.com/en/machines-systems/ballast-distributing-profiling-usp-2010-sws.html>
(16.9.2015))

Namen in sistem strojnega urejanja tirne grede

Pravilno oblikovan profil tirne grede je bistvenega pomena za varno obratovanje železniške proge, saj preprečuje izbočitev tira in varuje tirno rešetko proti vzdolžnemu ter bočnemu pomiku le-te. To pomeni, da je zadostna količina tolčenca enakomerno porazdeljena vzdolž celotne proge v ustreznem profilu. Za višinsko in smerno regulacijo ter dinamično stabilizacijo tira je prav tako pomembna ustrezna oblika tirne grede in enakomerno porazdeljen tolčenec, saj se s tem doseže trajna stabilnost tira. Poleg omenjenega je stroškovno ugodnejše urejanje tirne grede s strojem za profiliranje, saj zmanjša potrebo po nasutju dodatne količine tolčenca (Plasser&Theurer, Ballast distributing and profiling, 2015).

Bočni del tirne grede se oblikuje s pomočjo bočnih plugov, ki zagotavljajo pravilen profil predhodno nasutega tolčenca. Bočni plugi pomaknejo tolčenec na zgornji del tirne grede (krona tirne grede), kjer ga prevzamejo srednji in čelni plugi. Le-ti na podlagi svoje postavitve enakomerno porazdelijo tolčenec v območje tirne rešetke, in sicer glede na položaj ovijajočih zaščitnih plošč. Nato sledi odstranjevanje tolčenca s površinskih delov pragov in tirnega pribora, ki ga opravlja strojna naprava za pometanje, s pomočjo rotirajočih metel. Plužni del stroja raztovori odvečni tolčenec bodisi ob straneh proge ali pa se preko transportnih tekočih trakov prevaža do zbiralca za shranjevanje materiala (silosa). Shranjevanje odvečnega materiala v silose je stroškovno ugodnejša metoda, saj se shranjen tolčenec lahko uporabi na odsekih proge, kjer ga primanjkuje (Plasser&Theurer, Ballast distributing and profiling, 2015). Plugi in delovanje plužnega dela stroja je prikazano na Sliki 38.



Slika 38: Plužni del stroja

(<http://www.plassertheurer.com/en/machines-systems/ballast-distributing-profiling.html> (20.9.2015))

3.3.3 Mehanizacija za pluženje in odstranjevanje snega

Na železniških progah se sneg odstranjuje predvsem strojno in le redko ročno. Za odstranjevanje snega se uporabljajo snežni plugi (medtirnični plug, čelni plug), snežna orala, križarke, snežni odmetalniki in še druga mehanizirana sredstva (npr. buldozerji, sesalniki, razpršilniki, nakladalniki). Če snega ni veliko, se le-ta odstranjuje med rednim železniškim transportom z vlečnimi vozili in vlakovnimi kompozicijami, na katere so nameščeni snežni plugi (Slika 39-a) in snežna orala (Zore, 2011). Medtirnični plug se uporablja za odstranjevanje snega med tirnicami na enotirnih in dvotirnih progah. Namesti se na daljši del dizelske lokomotive z vijaki. Med vožnjo je plug v dvignjenem položaju in se vozi s hitrostjo do 70 km/h, v času odstranjevanja snega je spuščen in se vozi s hitrostjo do 45 km/h. Čelni plug je namenjen predvsem za odstranjevanje snega na enotirnih progah, vmesnih postajah in izjemoma na dvotirnih progah, in sicer v obdobju ko zapade več kot 25 cm snega. Hitrost pluženja se uravnava po odporu snega in vidljivosti, vendar s težnostjo po čim višji hitrosti, saj je odstranjevanje učinkovitejše. Ker čelni plug na dvotirnih progah odriva sneg na sosednji tir, je hitrost za odstranjevanje znatno zmanjšana. Čelni plug se namesti na krajši del lokomotive prav tako z vijaki (Zore, 2011).

S plugom se lahko pluži tudi do 100 cm zapadlega snega nad zgornjim robom tirnice (GRT), pod pogojem, da je sneg suh in rahel. Odstranjevanje snega s plugom se praviloma izvaja samo podnevi (Zore, 2011).

V primeru velike količine snega se le-ta pluži s križarkami. Križarke so vlečna tirna vozila, sestavljene iz ene ali dveh lokomotiv (odvisno od potrebe). Uporabljajo se samo za odstranjevanje snega in ne kot transportno sredstvo (Zore, 2011).

Za učinkovito in hitro čiščenje prog pri večji količini snežnih padavin se uporablja snežni odmetalnik (Slika 39-b). Snežni odmetalnik je tirno vozilo za odstranjevanje snega iz enotirnih in dvotirnih prog ter s postajnih tirov. Lahko je samohodno dvoosno motorno vozilo na lastni pogon z vgrajenim medtirničnim plugom ali pa ga potiskajo lokomotive. Med odstranjevanjem snega se pelje s hitrostjo 45 km/h, sicer pa doseže tudi do 70 km/h. Na dvotirnih progah je vožnja z vlakom na sosednjem tiru dovoljena v času odstranjevanja snega, vendar v primeru odmetavanja snega na zunanjo stran proge. Če to ni mogoče je potrebno sosednji tir zapreti ali zmanjšati hitrost vlakov. Čiščenje snega s snežnim odmetalnikom se običajno opravlja podnevi, lahko tudi ponoči, vendar pod pogoji, da je profil proge prost, da je ustrezna razsvetljava in da je zagotovljena telefonska zveza s prometnikom zadnje zasedene postaje (Zore, 2011).

Skladno s Pravilnikom o zgornjem ustroju železniških prog (2010) širina delovnega prostora strojev za odstranjevanje snega ne sme biti večja od profila proge, na kateri ti stroji obratujejo.

Poleg strojnega čiščenja železniških prog se izvaja tudi ročno čiščenje, in sicer ročno se očistijo mostovi, kretnice, križišča, stiki tirnic, dilatacijske naprave, žlebovi (med tirnicami na potnih prehodih, kretnicah, križiščih), kablovodi in mesta, kjer so vgrajeni telefoni ob progi, ter nivojski potni prehodi (Zore, 2011).



Slika 39: Stroji za odstranjevanje snega: a) lokomotiva s plugom, b) snežni odmetalnik
a) (<http://www.siol.net/avtomoto/novice/kako-in-s-cim-v-sloveniji-pluzijo-zelezniske-tire-video-145564>
(29.3.2016)), b) (Zore, 2011)

3.3.4 Mehanizacija za čiščenje in sejanje tirne grede (sejalni stroj)

Sejalni stroj (Slika 40) je železniško vozilo, ki se uporablja za čiščenje tirne grede s sejanjem tolčenca. Namen sejalnega stroja je zagotovitev pravilne granulacije vgrajene tirne grede (ŽGP – Strojni park, 2015). Med eksploatacijo proge se tirna greda umaže z odpadnimi materiali in tudi zablati. Sčasoma kvaliteta tirne grede začne upadati in njena stabilnost se zmanjša. Sejalni stroj s svojimi delovnimi napravami zajame tolčenec, ga preseje in očiščenega ponovno odloži v tirno gredo. Drobne frakcije in blato (presevki) se preko transportnih tekočih trakov deponira poleg proge. Lahko se shrani tudi v posebne vagone in kasneje transportira v deponije za presevke. Manjkajoče količine kakovostnega tolčenca v tirni gredi se nadoknadi z ustreznimi transportnimi vagoni, in sicer pred sejanjem tirne grede. Osnovni sestavni deli sejalnega stroja so (Mirković, 2015):

- vagoni;
- naprave za izkop tolčenca (verige z noži);
- prijemalke za dvig tirne rešetke (dodatni agregat);
- vibracijska sita;
- pogonski motor in kabine z upravljalnimi napravami;
- transportni tekoči trakovi.



Slika 40: Sejalni stroj
(<http://www.remtech.info/REMZ45.htm> (9.10.2015))

Novejši sejalni stroji namesto elektro-pogona uporabljajo hidravlične motorje, ki so vezani na os podvozja. Hidravlične naprave za dvigovanje tira so sestavljene iz posebnih hidravličnih klešč za prijem tira in dvigalnih rok s hidravličnimi cilindri (Mirković, 2005). S pomočjo le-teh sejalni stroj tirno gredo preseje brez odstranitve tirnic in pragov (ŽGP – Strojni park, 2015).

Naprave za izkop tolčenca pa so iz posebnih verig z noži ali hidravličnih krtač, na podlagi katerih se le-ti v procesu izkopavanja reverzibilno pomikajo. Naprava za izkop tolčenca je prav tako iz hidro motorja na hidravličen pogon (Mirković, 2005).

Naprave za transport izkopanega tolčenca so sestavljene iz dveh bočno postavljenih prevoznih naprav, ki so v obliki tekočega traku. Le-ti zajamejo material iz tirne grede in ga dostavijo do silosa, ki služi za shranjevanje izkopnega materiala. Material iz silosov preide na trodelna vibracijska sita, kjer se preseje. Po sejanju se presevki usmerijo na deponijski tekoči trak, čist tolčenec pa na povratni tekoči trak (Slika 41). Preko deponijskih tekočih trakov se drobne frakcije deponirajo ob progi ali pa v vagone za presevke. S pomočjo povratnih tekočih trakov se čist in presejan tolčenec vrača nazaj v tirno gredo (Mirković, 2005).

Sistem za razprostiranje in odlaganje presejanega tolčenca je sestavljen iz ustrezni čelnih in srednjih nožev za ravnanje materiala, distributerja za pravilno razporeditev tolčenca in dostavnih oz. povratnih tekočih trakov. Sejalni stroj se v času sejanja vozi s hitrostjo do 0.550 km/h, sicer pa lahko doseže hitrost do 100 km/h (Mirković, 2005).



Slika 41: Transport tolčenca po tekočih trakovih

(<http://www.plassertheurer.com/en/machines-systems/ballast-bed-cleaning.html> (14.10.2015))

Profil sejalnega stroja

V skladu s Pravilnikom o zgornjemu ustroju železniških prog (2010) normalna širina delovnega prostora sejalnega stroja znaša 4200 mm, vključno z varnostno razdaljo. Le-ta znaša po 100 mm na obe strani sejalnega stroja in je namenjena za preprečitev poškodb gradbenih objektov in kabelskih kanalov. V ta prostor se ne smejo postavljati predmeti in deli objektov kot npr. kanali za signalno varnostne in telekomunikacijske kable ter cevovodi.

Minimalna širina delovnega prostora sejalnega stroja je odvisna od lokacije sejanja tirne grede, od konstrukcije stroja in je določena za vsak primer posebej. Poleg širine delovnega prostora je pomembna tudi višina sejanja tirne grede, in sicer pod spodnjim robom praga je

minimalna višina 290 mm, maksimalna pa 450 mm (Pravilnik o zgornjem ustroju železniških prog, 2010).

Namen sejanja tirne grede

Naloga tirne grede je zagotovitev enakomerne porazdelitve prometnih obremenitev po spodnjem ustroju železniške proge in primerne stabilnosti pragov brez bočnega in vzdolžnega pomikanja le-teh. Tirna greda mora biti zelo elastična, da lahko prenese te dinamične vplive. Dobro delovanje je odvisno od globine tirne grede, velikosti zrn tolčenca in stopnje onesnaženosti (Plasser&Theurer, Ballast bed cleaning, 2015).

Zablatenost tirne grede se pojavi pod vplivom prometnih obremenitev. Le-te povzročijo trenje med zrnji tolčenca, drobljenje zrn in posedanje tirne grede. Ostali vzroki zablatenosti so še dvig zemeljskega materiala iz zemeljskih tal in zunanji vplivi okolja, ki dodatno zapolnijo prazna mesta z zdrobljenimi delci tolčenca in drugo umazanijo v tirni gredi. Ti dejavniki s časoma povzročijo zmanjšanje elastičnosti tira, slabšo prepustnost tirne grede in zmanjšanje trajnosti geometrije tira (Plasser&Theurer, Ballast bed cleaning, 2015).

Analize stanja so pokazale, da so stroški vzdrževanja na progah, kjer strojnega sejanja tirne grede ni bilo v obdobju 10 let bistveno višji kot na progah, kjer se je sejanje tirne grede izvajalo redno (Zaletelj, 2006).

3.3.5 Mehanizacija za višinsko in smerno regulacijo ter stabilizacijo tira

Železniška proga predstavlja elastični sistem, ki se sproti deformira in vrača v svoj prvotni položaj. Ko tirno vozilo potuje po tirnicah ustvarja ogromne sile, ki se prenašajo iz tirnic na prage in nato v tirno gredo. Napetosti lahko spremenijo geometrijo tira do te mere, da je izven dopustnih tolerančnih območij, ki jih določa Pravilnik o zgornjem ustroju železniških prog (2010) in v takem primeru je uvedba počasnih voženj nujno potrebna.

Z rednim vzdrževanjem, ki vključuje smerno in višinsko reguliranje ter dinamično stabiliziranje tira s pomočjo ravnalno nivelirnim strojem, se preprečijo geometrijske spremembe na progi (Plasser & Theurer, Tamping, 2015).

Univerzalni stroji (Slika 42) za reguliranje proge in kretnic po niveleti in smeri

Z uporabo univerzalnih strojev se ohrani predpisana geometrija proge za varno in zanesljivo pomikanje tirnih vozil. Ti stroji imajo sodobne elektronske sisteme, ki omogočajo avtomatsko regulacijo tira. Osnovni sestavni deli stroja so (Mirković, 2005):

- ogrodje stroja s posebno oblikovanim podvozjem;

- univerzalni operacijski sistem za stabiliziranje in uravnavanje proge;
- sistem za dvigovanje tirnic;
- upravljalna kabina z avtomatskim sistemom za izvajanje del.

Novejši stroji imajo lahko dodatne delovne naprave kot so bočni in čelni plugi, rotacijske hidravlične metle, sesalno napravo z reverzibilnimi tekočimi trakovi in silose tolčenca z dostavnimi tekočimi trakovi. Pri teh strojih je tlačni (podbijalni) sistem nameščen na konzolnih nosilcih, ki opravljajo delo vibracijskih ročic izven dimenzij podvozja stroja (Mirković, 2005). Stroj se giblje na podlagi dizel – hidravličnega pogona in lahko doseže hitrost tudi do 100 km/h. Upravljanje stroja se izvaja neposredno iz sodobno oblikovanih kabin z avtomatskimi upravljalnimi napravami. Običajno je upravljanje stroja računalniško vodeno s pomočjo laserskih sistemov (Mirković, 2005).

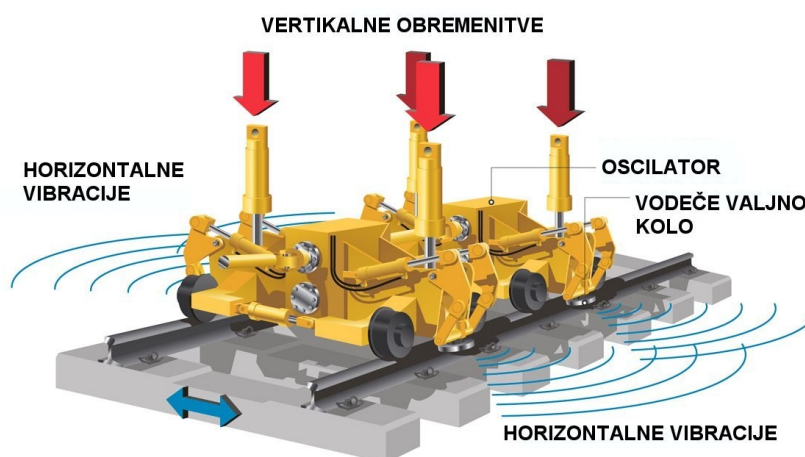


Slika 42: Univerzalni stroj za regulacijo in stabilizacijo tira
(<http://www.plassertheurer.com/en/newsletter/1309-02.htm> (25.10.2015))

Namen in način dinamičnega stabiliziranja ter utrjevanja tira

Po nasutju tolčenca v tirno gredo se nekatera zrna med seboj dotikajo le v določenih točkah ali robovih, kar pomeni, da je med njimi veliko praznega prostora. V tem primeru tirna greda ni primerno zgoščena in stabilna (Plasser&Theurer, Stabilisation and Consolidation, 2015). V preteklosti se je tirna greda utrjevala postopoma s prevozi vlakov. Takšna izvedba stabilizacije ni dosegla ustrezne kakovosti in dolge življenjske dobe proge (Plasser&Theurer, Stabilisation and Consolidation, 2015). Z uvedbo dinamičnega stabiliziranja s strojno mehanizacijo se je s časoma dosegla boljša ureditev zrn tolčenca, stabilna utrjenost tira v tirni gredi in ustrezna poglobljenost lege tira (Zaletelj, 2006).

Dinamično stabiliziranje tira se izvaja s stabilizacijskim sistemom z valjnimi kolesi, ki se trdno oprimejo obeh tirnic. Mehanizem proizvaja horizontalne vibracije, ki delujejo prečno na progo in se prenašajo v tirno gredo. Vibracije v tirni gredi povzročijo preureditev tolčenca v gostejšo strukturo. Končna ureditev tira je nadzorovana preko izravnalnega sistema, na podlagi katerega se poveča kakovost tira in geometrijska trpežnost. Hkrati pa zagotavlja upor tira proti bočnemu premiku (Plasser&Theurer, Stabilisation and Consolidation, 2015). Na Sliki 43 je prikazano dinamično stabiliziranje tira s horizontalnimi vibracijami.

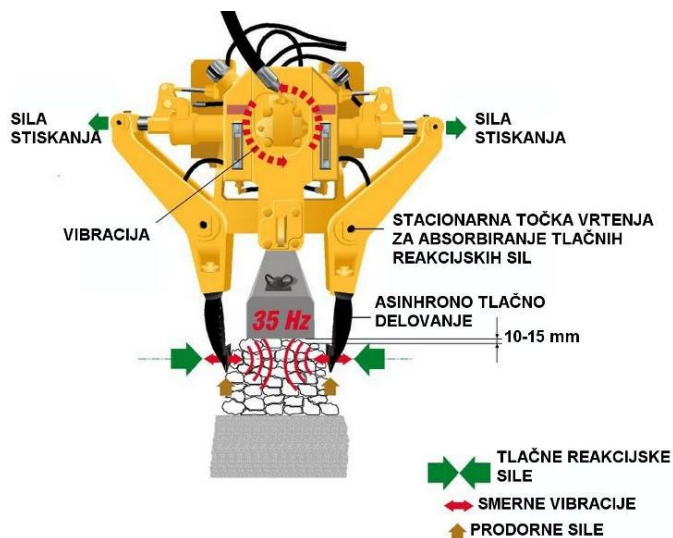


Slika 43: Dinamična stabilizacija tira

(<http://www.plassertheurer.com/en/machines-systems/stabilisation-consolidation.html> (2.12.2015))

Vibracijsko orodje – ročice

Vse vibracijske ročice na stroju delujejo pod enakim pritiskom in vibrirajo s frekvenco 35 Hz. Njihova naloga je, da ustvarijo stabilno podlago za prage. Ročice najprej prodrejo z vrha tirne grede in nato s pritiskanjem ter vibracijami zgoščajo tolčenec pod pragi. Kombinacija linearnih vibracij in asinhrono gibanje ročic ustvarja homogeno utrjeno ter stabilno tirno gredo. Ročice so v obliki jeklenih krampov, ki so v parih postavljene na zunanji in notranji strani tirnice (Plasser&Theurer, Tamping, 2015). Sistem delovanja vibracijskih ročic je podano na Sliki 44.



Slika 44: Vibracijsko delovanje ročic
(<http://www.plassertheurer.com/en/machines-systems/tamping.html> (23.11.2015))

3.4 Merilna vozila za kontrolo in opravljanje meritev na progih

Železniško omrežje je velik dinamičen in spreminjajoč sistem, saj so železniške proge izpostavljene številnim zunanjim dejavnikom, katerim se je težko izogniti. Spremembe, ki se nenehno dogajajo na progah so posledica obremenitev železniškega prometa, temperaturnih nihanj, padavin in reakcij zemeljskih tal. Da bi vzdrževanje železniške proge potekalo učinkovito, je potrebno vedeti, kakšno je trenutno stanje proge in predvsem prepoznati morebitna poslabšanja (Plasser&Theurer, Measuring work, 2015).

Redne meritve z merilnimi vlaki so bistvenega pomena za pridobitev ustreznih podatkov o stanju tira. Proge se snemajo večkrat letno in pridobljeni podatki se vodijo v bazi podatkov, ki je na voljo za analize stanja tira. S pomočjo meritev se določi stopnja poslabšanja tira, na podlagi katere se predlaga vrsta ukrepa, ki bi bila najbolj primerna za ponovno vzpostavitev pravilne oz. ciljne geometrije tira (Plasser&Theurer, Measuring work, 2015).

Sodobna merilna vozila pridobivajo podatke o profilu tirnic, obrabi in poškodbah glave tirnice ter njenih robov, naklonu tira, površinskih napak tirnic, širini tira, nadvišanju tira, vegavosti tira in smeri tira. Poleg tega sodobni merilni sistemi omogočajo merjenja svetlega profila, profila tirne grede, nadzorujejo pritrdilne naprave na tirnicah, izvajajo video nadzore in merijo položaj vozne mreže (Plasser&Theurer, Measuring work, 2015).

3.4.1 Merilno vozilo FMK 004

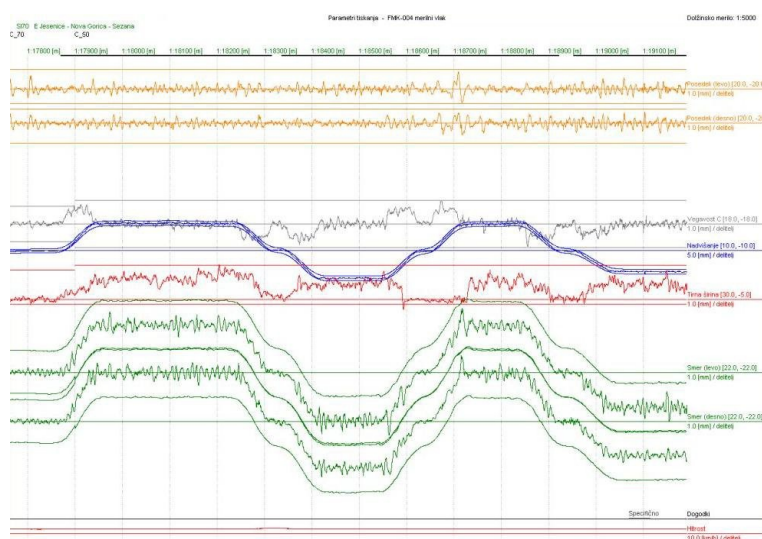
Merilno vozilo FMK 004 (Slika 45) je eden izmed merilnih vozil, ki se pogosto uporablja na železniških progah v Republiki Sloveniji. Je samohodni merilni vlak, ki vsebuje sistem

merjenja geometrije tira in svetlega profila. Merilno vozilo je dolžine 15 m, njegova največja potovalna hitrost v času transporta in merjenja je 100 km/h (FMK 004 track geometry measuring car, 2015). V podvozu merilnega vlaka se med pogonskimi kolesi nahajajo mehanska merilna kolesa, ki merijo geometrijo tira (tirno širino, smer tira, vegavost tira, površino in nadvišanje tira) (Tomljanovič, 2012). Merjenje se izvaja na vsakih 25 cm proge (Zgonc, 2012). Parametri tira se beležijo na grafikonu merilne vožnje in so kot primer prikazani na Sliki 46. Vozilo ima kabino, ki je računalniško opremljena in vsebuje instrumente, s pomočjo katerih se izvajajo meritve ter upravlja vožnja vozila. V času izvajanja meritev se sproti izdelajo merilni diagrami in poročila. Na merilnih diagramih se nahajajo podatki o razdalji in hitrosti na vsakih 100 m proge, mejnih vrednosti parametrov, zaznavanju ukrivljenosti ter izmerjenih vrednosti na vsakih 500 m proge (FMK 004 track geometry measuring car, 2015).



Slika 45: Merilno vozilo FMK 004

(http://www.mavkf.vu/index.php?lngchg=en&f=vaganydiagnosztika_fm004 (6.11.2015))



Slika 46: Grafikon merilne vožnje
(Tomljanovič, 2012)

3.4.1.1 Merilne vožnje

Poleg vizualnih pregledov in kontrol z ročnimi merilnimi instrumenti ter merilnimi napravami, se merilne vožnje izvajajo z merilnimi vozili.

Merilne vožnje se opravijo dvakrat letno na odsekih, kjer je progovna hitrost večja od 120 km/h in po katerih se vozijo tirna vozila z vklopljeno nagibno tehniko. Na glavnih progah se meritve z merilnimi vozili izvajajo vsaj dvakrat letno, neodvisno od hitrosti, na regionalnih progah pa le enkrat letno. Meritve se ne smejo izvajati pri temperaturi nižji od -5°C ali višji od $+40^{\circ}\text{C}$. S pomočjo ultrazvočnih naprav ali merilnih vozil se na vseh progah, vsaj enkrat letno, izvede kontrola vgrajenih tirnic. Kontrola obrabe in valovitosti vgrajenih tirnic ter merjenje jakosti hrupa tirnih vozil se izvede skladno s tehničnimi predpisi in letnimi načrti vzdrževalnih del upravitelja (Pravilnik o zgornjem ustroju železniških prog, 2010).

3.4.2 Večnamensko merilno vozilo Plasser&Theurer

Večnamenska merilna vozila (Slika 47) sodijo v področje novejših tehnologij. So funkcijsko kompleksnejša mehanizacija, ki opravlja več meritev hkrati. Večinoma služijo za zagotovitev ustrezne varnosti, za zmanjšanje stroškov vzdrževanja in razpoložljivosti železniške infrastrukture. Velik odstotek pridobivanja osnovnih podatkov o stanju na železniških progah zagotavljajo večnamenska merilna vozila Plasser&Theurer (Auer, 2013).

Posebnost teh vozil je, da vsebujejo standardne in dobro usposobljene merilne sisteme. Seznam merilnih sistemov je podan v Preglednici 2.



Slika 47: Večnamensko merilno vozilo EM80

(<https://www.plassertheurer.com/en/machines-systems/measuring-work-em80h.html> (5.2.2016))

Preglednica 2: Seznam in parametri merilnih sistemov večnamenskih merilnih vozil
(Auer, 2013)

Standardni merilni sistemi
<ul style="list-style-type: none"> - brezkontaktni merilni sistem z vgrajeno GPS navigacijo in optično merilno tehniko za merjenje geometrije tira
Izbirni merilni sistemi
<ul style="list-style-type: none"> - merjenje profila tirnic (izbirni sistem: programski paket za izračun enakovredne konicitete) - merjenje osnih pospeškov - merjenje tirnega rebričenja (izbrana programska oprema za avtomatsko merjenje vrzeli) - merjenje svetlega profila in profila tirne grede - merjenje geometrije vozne mreže in kablov s sistemom za zaznavanje - pantograf (tokovni odjemnik) za dinamične meritve vozne mreže - merjenje parametrov vozne mreže (napetosti, pantograf pritisknih sil, pospeški) - nadzorovalni sistem za obrabo vozne mreže - ultrazvočni sistem za zaznavanje tirnih napak
Sistemi video nadzora
<ul style="list-style-type: none"> - video nadzor za voznika v smeri vožnje merilnega vozila, če je potrebno je vgrajena tudi naprava za osvetlitev tunela - video sistem za nadzor dinamične vozne mreže - video nadzor tirnih komponent (tirna vozna površina, tirni pribor, stanje pragov) - video nadzor elektrificirane tirnice - video nadzor tirne glave
Ostali parametri
<ul style="list-style-type: none"> - merjenje zunanje in notranje temperature - merjenje temperature tirnice - merjenje vlažnosti - simulacija pregrevanja - merjenje vzdržnosti tirne širine, na podlagi meritev tirnih pritrditev - merjenje tirnega hrupa - kontrola gibanja merilnega vozila

4 VDJK NA ODSEKU ŽELEZNIŠKE PROGE LJUBLJANA RAKOVNIK – ŠKOFLJICA Z UPORABO MEHANIZACIJE

V praktičnem delu diplomske naloge sem obravnavala primer vzdrževalnih del v javno korist (VDJK), za odsek železniške proge med postajama Ljubljana Rakovnik in Škofljica. Čeprav za obravnavan odsek še ni izdelana projektna dokumentacija, sem ga izbrala z namenom prikaza tehnologije izvedbenih del pri obnovi odseka železniške proge.

4.1 Obstoječe stanje proge

Obravnavani odsek se nahaja na regionalni progi št. 80 D.M. – Metlika – Ljubljana in posega na območje dveh občin, Ljubljana in Škofljica. Proga je enotirna in neelektrificirana, poteka po ravninskem terenu ter se nahaja na nadmorski višini med 292 m in 293,1 m. Vzporedno s celotnim odsekom poteka glavna Dolenjska cesta, ki se skupaj s progo na meji med Ljubljano in Lavrico, križa z avtocestnim nadvozom (Južno ljubljansko obvoznico). Od avtocestnega nadvoza proti Škofljici se na desni strani proge nahajajo velike kmetijske površine s travniki. Poleg izvennivojskega križanja se proga križa tudi z občinskimi cestami (Galjevica, Peruzzijska ulica, Lorenzova cesta, Jurčkova cesta, Vrečarjeva ulica, Babnogoriška cesta, Pod Strahom, Žagarska ulica) in nekategoriziranimi cestami (Črna pot, Nebčeva ulica in Dolenjska cesta). Skupno število obstoječih nivojskih prehodov (NPr) na obravnavanem odseku je 11. Od tega so 4 zavarovani s polzapornicami, 2 z deljenimi zapornicami in 5 jih je pasivno zavarovanih z Andrejevim križem. Odsek proge je dolg približno 7,5 km, vključno s postajama Škofljica in Ljubljana Rakovnik. Stacionaža proge narašča od postaje Škofljice proti postaji Ljubljana Rakovnik.

Železniški postaji Ljubljana Rakovnik in Škofljica sta na obravnavani progi opremljeni z elektrorelejnimi signalnovarnostnimi napravami in analognimi telekomunikacijskimi povezavami. Železniška postaja Škofljica je dolga 619 m (začetna stacionaža: 141,833 km, končna stacionaža: 142,452 km) z dvema obstoječima peronoma dolžine 75 m. Postaja Ljubljana Rakovnik pa je dolga 676 m (začetna stacionaža: 148,989 km, končna stacionaža: 149,666 km) z enim obstoječim peronom dolžine 85 m. Progovna hitrost na obravnavanem odseku se giblje od 60 km/h do 85 km/h. Na območju železniških postaj Škofljice in Ljubljane Rakovnik je hitrost v odklonu omejena na 40 km/h (Slovenske železnice – Program omrežja, 2015). Na celotnem odseku so vgrajene tirnice standardnih oblik 49 E1, leseni pragi in pritrdilni pribor sistema K. Na območju postaj Ljubljane Rakovnik in Škofljica so posamezne tirnice povezane med seboj s klasičnimi tirnimi stiki (vezne spojke), ostale pa so zvarjene v neprekinjeno zvarjeni tir (NZT).

Tirna greda je na nekaterih odsekih obravnavane proge videti precej zablatena in zaraščena. Mestoma je neizravnana, zrna tolčenca so neenakomerno nasuta in tudi zdrobljena. Posamezni pragi so v slabem stanju, saj so na površini le-teh opazne velike vzdolžne razpoke.

4.2 Obseg izvedbenih del

V okviru VDJK je predvidena obnova na odprti progi s spodaj naštetimi deli:

- demontaža obstoječih naprav, opreme in odstranitev obstoječega tira;
- obnova spodnjega ustroja, vključno z ureditvijo odvodnjavanja proge;
- vgraditev tirnic oblike 60 E1 in betonskih pragov z elastično pritrditvijo Pandrol;
- strojna višinska in smerna regulacija tira;
- oblikovanje in urejanje tirne grede;
- varjenje v neprekinjeno zvarjeni tir (NZT);
- ureditev nivojskih prehodov.

Glavni namen izvedbe del na progi je povečanje dopustne osne obremenitve, in sicer z obnovo spodnjega in zgornjega ustroja, ki vključuje vgraditev novega materiala.

Začetek trase obravnavanega odseka je za postajo Škofljica in konec pred postajo Ljubljana Rakovnik. Na železniških postajah Škofljica in Ljubljana Rakovnik se glavnih del ne izvaja.

4.3 Organizacija gradbišča

Pred pričetkom izvedbe del na progi se mora gradbišče urediti in označiti na podlagi zahtev, ki izhajajo iz Zakona o graditvi objektov (2004) in Razpisne dokumentacije. Gradbišče se označi z gradbiščno tablo, ki se namesti na železniško postajo Škofljica ob nivojskem prehodu, kjer se proga križa z Žagarsko ulico. Na gradbiščni tabli so podatki o objektu, projektantu, nadzorniku, izvajalcu, investitorju, o izvedbi gradbenih del, itd.

Gradbišče se nato uredi z začasnimi objekti, in sicer pisarna nadzornega inženirja se postavi na območje železniške postaje Škofljica. Prav tako se tam postavijo garderobe, skladišča in gradbiščni kontejnerji. Sanitarije se postavijo na železniških postajah Škofljica in Ljubljana Rakovnik ter na območju izvedbe del.

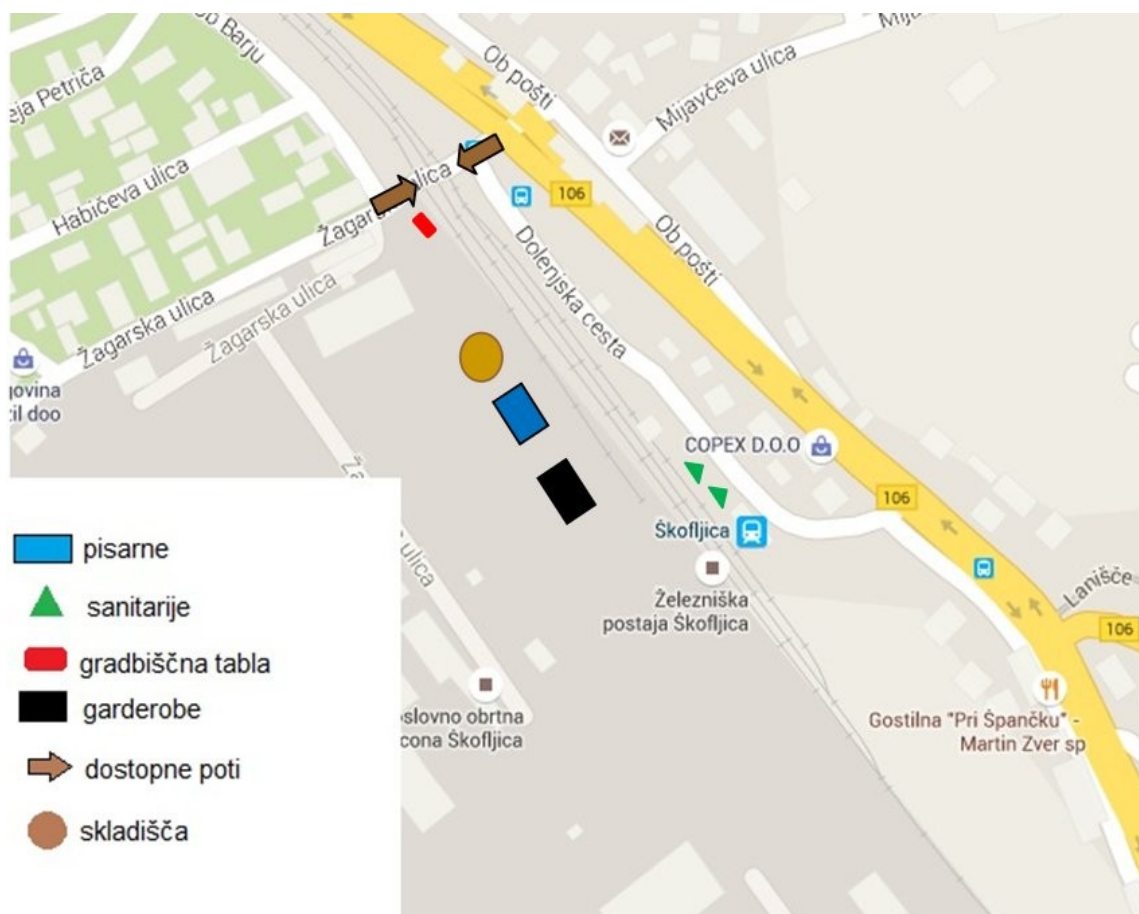
Dostopne poti se izvedejo iz Dolenjske ceste in lokalnih cest preko obstoječih nivojskih prehodov (NPr), kjer se označijo z ustrezno prometno signalizacijo.

Mehanizacija, oprema in material potreben za obnovo odseka se deponira na različnih lokacijah. In sicer, vijačniki, novi tirni pribor se deponirajo na postaji Ljubljana Rakovnik.

Težka progovna mehanizacija (stroj za profiliranje tirne grede, linijski nivelirni ravnalnik, portalno dvigalo) se v času izvedbe del začasno deponira na železniški postaji Ljubljana Rakovnik. Nove tirnice se skladiščijo v varilnici Slovenskih železnic v Šiški in se z vlakom za transport tirnic (Silad) dostavijo na gradbišče pred začetkom del ter začasno deponirajo ob progi. Gradbena mehanizacija se postavi na območje gradbišča ob progi, kjer ne bo ovirala dela. Po demontaži tira se na postaji Ljubljana Rakovnik začasno uredi deponija starih lesenih pragov in starih tirnic.

Nov material za nevezano nosilno plast se na gradbišče dostavi iz kamnoloma Verd, neposredno na mesto vgraditve.

Ureditev gradbišča na postaji Škofljica in Ljubljana Rakovnik je v nadaljevanju prikazana na Slikah 48 in 49.



Slika 48: Ureditev gradbišča na postaji Škofljica
(Lasten vir s pomočjo Google maps (4.2.2016))



Slika 49: Ureditev gradbišča na postaji Ljubljana Rakovnik
(Lasten vir s pomočjo Google maps (4.2.2016))

V času izvedbe del se za potnike organizira nadomestni prevoz z avtobusi med postajama Ljubljana Rakovnik in Škofljica. Tovorni promet se delno preusmeri na cesto oz. avtocesto in delno po obvozni železniški progi na relaciji Ljubljana – Sevnica – Novo mesto – Metlika (odvisno od transportne poti).

4.4 Mehanizacija in merilni instrumenti

Za izvedbo del na spodnjem in zgornjem ustroju proge na odseku Ljubljana Rakovnik – Škofljica se uporabi naslednja strojna mehanizacija in merilni instrumenti:

1) Gradbena mehanizacija:

- bager;
- buldozer;
- greder;
- valjar;
- nakladač.

2) Progovna mehanizacija:

- stroj za privijanje in odvijanje vijakov ter trifonov (vjačnik);
- stroj za rezanje tirnic;
- brusilni stroj;
- hidravlični dvopotni nakladalnik;
- portalno dvigalo;
- hidravlična naprava za vnos tirnic;
- stroj za profiliranje tirne grede;
- linijski nivelirni ravnalnik.

3) Transportna mehanizacija:

- vlak za transport tirnic (Silad);
- kamion;
- kamion prekucnik;
- kamion z dvigalno napravo (HIAB);
- tovorni plato vagoni serije K;
- tovorni Faccs vagoni.

4) Merilni instrumenti:

- izotopska sonda;
- krožna plošča s padajočo utežjo;
- toga krožna jeklena plošča;
- ročni merilni instrument za merjenje geometrije tira.

4.5 Tehnologija in načini izvedbenih del

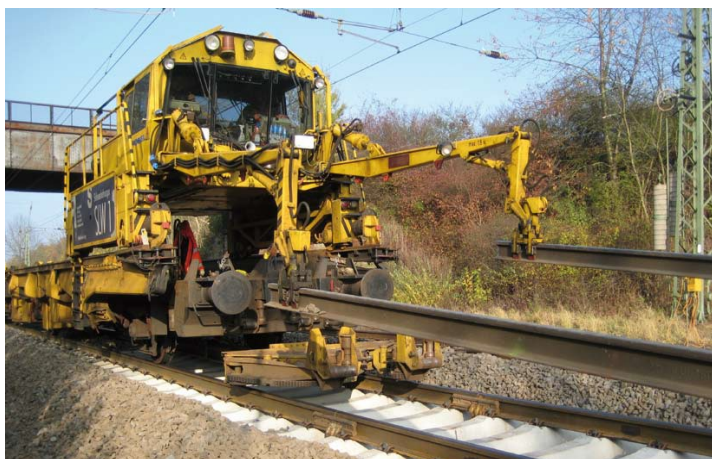
Tehnologija in izvedba del sta v nadaljevanju diplomske naloge predstavljeni v šestih fazah. Vsa glavna dela (odstranitev tira, izkopi, vgradnja novih plasti) se izvajajo na krajših odsekih. In sicer, izvedba del se prične izvajati istočasno na štirih različnih lokacijah obravnavane proge, v smeri naraščanja stacionaže. Prva lokacija izvedbe del se nahaja za postajo Škofljica ob NPr Žagarska ulica, druga ob NPr Babnogoriška cesta, tretja ob NPr Jurčkova cesta in četrta ob NPr Peruzzijeva ulica.

Prva faza

V **prvi fazi** se izvedejo pripravljalna dela, ki obsegajo ureditev gradbišča (postavitve pisarn, skladišč, kontejnerjev, garderob, sanitarij), ureditev stalnih in začasnih deponij (mehanizacije, opreme, gradbenega materiala) in ureditev dostopnih gradbiščnih poti (glej poglavje 4.3).

Tudi geodetsko merjenje obravnavane železniške proge sodi v sklop pripravljalnih del. Geodet opravi zakoličbo proge, ki je v skladu z zahtevami Zakona o graditvi objektov (2004). Sprva se pridobijo podatki o obstoječem stanju proge, nato se vzpostavi poligonska mreža projektiranega stanja proge. S poligonskimi točkami se označijo višina proge, smer tira, zgornji rob tirnice, itd. (Žargi, 2007). Pridobljeni geodetski podatki predstavljajo osnovo za tehnologijo izvajanja del na obravnavanem odseku in morajo biti na razpolago od začetka do konca izvedbe del.

V sklop pripravljalnih del sodi tudi demontaža obstoječih signalnovarnostnih in telekomunikacijskih naprav (SVTK naprav). Prav tako se pred začetkom glavnih del na gradbišču dostavijo nove tirnice s transportnim vlakom Silad, ki se razkladajo (Slika 50) ob progi na celotni dolžini obravnavanega odseka (glej poglavje 3.2).



Slika 50: Razkladanje novih tirnic

(http://www.vossloh-rail-services.com/media/downloads/pdfs/prospekte/3>Loading_and_Unloading_Systems_by_VRS.pdf
(28.10.2015))

Druga faza

Druga faza obsega demontažo obstoječega tira, ki se izvaja v smeri naraščanja stacionaže. Odstranitev se začne z rezanjem vgrajenih tirnic na dolžine določene s strani upravljavca. Pred rezanjem vgrajenih tirnic se na koncih NZT vgradijo naprave za preprečitev vzdolžnega

pomika tirnic. Ker so na obravnavani progi vgrajene tirnice oblike 49 E1, se na 37 pragih, na vsakem koncu NZT, vgradi 74 naprav (Pravilnik o zgornjem ustroju železniških prog, 2010). Sočasno z rezanjem tirnic se odstrani tudi pritrdilni pribor. Stare tirnice se deponirajo ob progi in kasneje odpeljejo na začasno deponijo (postajo Ljubljana Rakovnik).

Po demontaži tirnic, se na gradbišče preko dostopnih poti, dostavita hidravlični dvopotni nakladalnik in kamion, in sicer za odstranitev obstoječih lesenih pragov. S hidravlično roko dvopotnega nakladalnika se pragi naložijo na kesone kamionov (Slika 51) in odpeljejo na začasno deponijo (postajo Ljubljana Rakovnik).



Slika 51: Naklad lesenih pragov na kamion

(http://www.miniaturna-zeleznica.com/galerije/Obnova25_Sl_Bist_Prag_2tir/index.php (28.10.2015))

Tretja faza

Tretja faza obsega odstranitev tirne grede in posameznih plasti spodnjega ustroja do planuma temeljnih tal (Slika 52). Izkopi se izvajajo z bagri, ki hkrati nakladajo material na kesone kamionov. Izkopan material se odpelje na deponijo (začasno ali stalno), delno pa se lahko uporabi za ureditev gradbiščnih transportnih poti.

Pomembno je omeniti, da se zemeljska dela na spodnjem ustroju ne izvajajo med deževnim obdobjem, zaradi možnih ugrezanj.

Sočasno z izkopi se izvede tudi sanacija objektov (npr. prepusti), ki se uredijo v skladu s projektom.



Slika 52: Izkop spodnjega ustroja
(Lasten vir)

Med izvedbena dela na spodnjem ustroju je običajno vključena tudi ureditev odvodnjavanja proge. Načrtovan sistem odvodnjavanja se prav tako uredi v skladu s projektom. Sprva se odstranijo obstoječe naprave in sočasno z izkopom plasti spodnjega ustroja se izvaja morebiti potreben izkop za ureditev odvodnjavanja. Zaradi prostorske omejenosti gradbišča se potreben material za pripravo in zaščito načrtovanega odvodnjavanja dostavi s kamioni na mesto vgradnje. Potrebno število kamionov je odvisno od količine materiala in oddaljenosti stalne ali začasne deponije od gradbišča.

Sočasno z ureditvijo sistema za odvodnjavanje proge se utrjuje planum temeljnih tal do predpisane nosilnosti. Utrjevanje se izvede z vibracijskim valjarjem, ki s kolesi ravna in zgošča temeljna tla.

Četrta faza

Četrta faza obsega polaganje plasti in materiala spodnjega ustroja proge. Novi materiali (npr. geotekstil, geomreža) se predhodno dostavijo na gradbišče ter deponirajo ob progi. Vgraditev novega materiala na obravnavani progi je odvisna od napredovanja predhodnih izkopov spodnjega ustroja. Ker se izkopi izvajajo na več lokacijah, je posledično tudi več lokacij vgrajevanja novih plasti spodnjega ustroja.

Glede na zahteve projekta se na utrjen planum temeljnih tal lahko položi geotekstil (kot ločilna in filtrska plast) in nanj plastična geomreža za povečanje nosilnosti (Slika 53). Na slabo nosilnih temeljnih tleh vgradnja zgornjih plasti, brez predhodno omenjene ojačitve ni primerna in dostop s težko gradbeno mehanizacijo ni možen (Logar, 2015).



Slika 53: Polaganje geotekstila in geomreže
(Lasten vir)

Sledi vgradnja nevezane nosilne plasti, ki se položi v dveh slojih predpisane debeline. V kamnolomu Verd se material predpisane frakcije za nevezano nosilno plast predhodno naloži s pomočjo nakladača na keson prekucnika. Le-ta nato dostavi material na gradbišče in nasuje prvo plast na planum temeljnih tal, katerega nato buldozer s plugom razgrne in zravna po celotni površini planuma (Slika 54). Po nasutju materiala se kamioni prekucniki ne smejo voziti po nevezani nosilni plasti, temveč po urejenih transportnih in dostopnih poteh.

Ko je prva plast materiala izravnana se le-ta vibracijsko utrdi z valjarjem. Postopek nasutja, razprostiranja in utrjevanja druge plasti se izvede na enak način kot pri prvi plasti. Končna debelina utrjene nevezane nosilne plasti mora biti skladna s projektom.



Slika 54: Nasutje in razprostiranje materiala nevezane nosilne plasti
(<http://www.miniaturna-zeleznica.com/galerije/Obnova1/index.php> (5.12.2015))

Na planumu nevezane nosilne plasti enotirne proge mora biti izveden ustrezen prečni nagib, ki je v skladu s projektom. Na podlagi Pravilnika o spodnjem ustroju železniških prog (2013), minimalni prečni nagib mora znašati vsaj 5%. Prav tako mora biti zagotovljena minimalna širina bankine (60 cm) oz. mora biti v skladu s projektom (Pravilnik o spodnjem ustroju železniških prog, 2013).

Pomembno je še omeniti, da se sproti z vgraditvijo spodnjega ustroja na posameznih slojih planuma izvajajo terenske meritve. Le-te se opravijo na planumu temeljnih tal pred vgradnjo prve nevezane nosilne plasti, po vgradnji prve in po vgradnji druge nevezane nosilne plasti. Kontrolira se nosilnost in zgoščenost posameznih plasti. Za kontrolo nosilnosti se običajno uporabljata krožna plošča s padajočo utežjo (Slika 55-a) in toga krožna jeklena plošča (Slika 55-b). Ta merilna instrumenta določata vrednosti deformacijskih modulov planuma. Kontrola zgoščenosti se po navadi izvede s pomočjo izotopske sonde (Slika 56), ki določa gostoto in vlažnost zemljine (Logar, 2015).



Slika 55: Merilni instrumenti: a) krožna plošča s padajočo utežjo, b) toga krožna jeklena plošča
(<http://www.fgg.uni-lj.si/kmtal-gradiva/Gradiva%20za%20vec%20predmetov/Skripta%20Janko%20Logar/Gradnja%20nasipov.pdf>
(16.11.2015))



Slika 56: Izotopska sonda
(<http://www.fgg.uni-lj.si/kmtal-gradiva/Gradiva%20za%20vec%20predmetov/Skripta%20Janko%20Logar/Gradnja%20nasipov.pdf>
(16. 11. 2015))

Peta faza

Peta faza obsega polaganje zgornjega ustroja na obravnavani progi. Po vgraditvi spodnjega ustroja se izvede nasutje prve plasti tolčenca predpisane frakcije v debelini cca. 10 cm.

V kamnolomu Verd se tolčenec predhodno naloži na kesone prekucnikov s pomočjo nakladača. Kamioni prekucniki dostavijo tolčenec na gradbišče (na mesto vgradnje) preko začasnih dostopnih poti in ga nasujejo na pripravljen planum nevezane nosilne plasti. Prekucniki se ne vozijo neposredno po nevezani nosilni plasti, saj bi lahko nastale kolesnice in v njih bi zastajala voda. Nasutje tolčenca se izvaja na več lokacijah v smeri naraščanja stacionaže in je odvisna od napredovanja predhodnih izvedbenih del oz. vgraditve nevezane nosilne plasti.

Buldozer nato s plugom na grobo razprostre in izravna nasuti tolčenec. Takoj za njim pa greder z rezilom (plugom) vrši fino ravnanje tolčenca, katerega valjar končno utrdi.

Končna debelina tirne grede mora biti v skladu s projektom. Po Pravilniku o zgornjem ustroju železniških prog (2010) mora biti minimalna debelina tirne grede (plast med planumom proge in spodnjim robom praga) za regionalne proge vsaj 25 cm.

Na izravnano plast tolčenca se nato iz novih tirnic (predhodno deponirane ob progi) izdelata portalna steza, kot vozna površina portalnemu dvigalu. Portalna steza se namesti z dvopotnim nakladalnikom, ki s pomočjo klešč polaga nove tirnice v ravno linijo. Nove tirnice se začasno povežejo med seboj z ravnimi spojkami in kasneje varijo v NZT.

Na portalno stezo se iz postaje Ljubljana pripelje portalno dvigalo, takoj za njim pa vagoni serije K, na katere so bili predhodno naloženi novi betonski pragi. Polaganje pragov se prične pred postajo Ljubljana Rakovnik ob NPr Galjevica in nadaljuje v nasprotni smeri naraščanja stacionaže proti Škofljici. Portalno dvigalo se sprva zapelje nad K – vagone (Slika 57), dvigne betonske prage z zajemalnimi kavli in jih odloži na izravnano tirno gredo na predpisano razdaljo. Zajemalni kavli se nato odstranijo z betonskih pragov in na prage se položijo gumijasti vložki, ki so del elastične pritrditve ter služijo kot ležišče novim tirnicam.



Slika 57: Dvig betonskih pragov s portalnim dvigalom
(Lasten vir)

Ko so pragi položeni, se s pomočjo manjšega kamiona, na območje postaje Ljubljana Rakovnik, dostavi hidravlična naprava za vnos tirnic. Le-ta se namesti v prostor med tirnicama, ki so predhodno služile kot portalna steza. Hidravlična naprava s kleščnimi prijemalkami postopoma dviguje in vnaša tirnice na prage (Slika 58).



Slika 58: Polaganje tirnic na prage
(<http://www.miniatura-zeleznica.com/galerije/Mekotnjak/index.php> (4.2.2016))

Po vnosu tirnic na prage sledi pritrditev le-teh. Na celotnem odseku se namesti elastična pritrditev Pandrol.

Na obravnavan odsek se po pritrditvi tirne rešetke dostavi nov tolčenec predpisane frakcije s tovornimi Faccs vagoni. Tolčenec se na gradbišče dostavi iz kamnoloma Verd. Na vsakem vagonu je skupina delavcev, ki odpirajo lopute vagonov in tako razkladajo tolčenec v notranjost ter ob straneh tirne rešetke. Razkladanje tolčenca se vrši iz smeri Ljubljane Rakovnik proti Škofljici.

Po nasutju tolčenca se izvaja regulacija tira (Slika 59-a) in profiliranje tirne grede (Slika 59-b).



Slika 59: a) Regulacija tira, b) Oblikovanje tirne grede
(<http://www.miniaturna-zeleznica.com/galerije/Obnova21/index.php> (30.11.2015))

Višinska in smerna regulacija tira ter urejanje tirne grede se izvaja v štirih fazah, in sicer prvi dve se opravita v času stalne zapore, ostali dve pa v času dnevnih zapor. Strojne regulacije tira so v nadaljevanju prikazane v kronološkem zaporedju:

1. nulta regulacija;
2. prva regulacija;
3. druga regulacija;
4. tretja (končna) regulacija.

1. Nulta regulacija

Po končanih gradbenih delih oz. po prvem dodajanju tolčenca na tirno rešetko se najprej vrši nulta regulacija tira. Linijsko nivelirni ravnalnik na grobo poravna in dvigne tir. Za njim sledi grobo profiliranje tirne grede in čiščenje predelov okoli tirnice (npr. tirni pribor, pragi). Obe mehanizaciji se po končanem delu odpeljeta nazaj na postajo Ljubljano Rakovnik, kjer bosta začasno deponirani do naslednje tirne regulacije.

2. Prva regulacija in varjenje tirnic

Po nulti strojni regulaciji se izvaja prva strojna regulacija tira, vključno z urejanjem tirne grede. Odvisno od potrebe se izvede dodatno nasutje tolčenca s tovornimi Faccs vagoni. Nato sledi varjenje tirnic v krajše odseke. Po regulaciji tira in varjenju tirnic se izvede fazni tehnični pregled, na katerem komisija ugotavlja stanje proge. V kolikor stanje to dopušča dovolijo vožnjo vlakov s hitrostjo 30 km/h. Z zaključkom prve regulacije se zaključi tudi stalna zapora tira.

3. Druga regulacija, sproščanje tira in končno varjenje v NZT

Druga strojna regulacija in ureditev tirne grede se izvaja v dnevnih zaporah. Tir se zaradi prometa, običajno v času med prvo in drugo strojno regulacijo, nekoliko posede in prav zaradi tega, je pred drugo regulacijo tira potrebno dodatno nasutje tolčenca s tovornimi Faccs vagoni. Po končani drugi strojni regulaciji se tir vari v NZT. Po končanem varjenju tirnic se v krivinah vgradijo naprave (kape) za preprečitev bočnega pomika tira, in sicer v skladu s Pravilnikom o zgornjem ustroju železniških prog (2010). Sprva se na čelu praga z ročnim orodjem odkoplje nasuti tolčenec in nato se z vijaki pritrdi kovinska kapa na čelo praga. Sproščanje, končno varjenje v NZT in namestitev naprav (kap) se vrši v smeri Ljubljana Rakovnik – Škofljica.

Po končnem varjenju se nastali zvari pobrusijo z brusilnim strojem (vrh in bočni strani glave tirnice). Po drugi strojni regulaciji sledi fazni tehnični pregled, komisija določi maksimalno dovoljeno hitrost progovnih vozil (običajno 50 km/h).

4. Tretja (končna) regulacija

V času dnevnih zapor se izvede še tretja (končna) strojna regulacija tira. Tolčenec se dodaja po potrebi, odvisno od posedkov. Po zadnji strojni regulaciji se s strojem za profiliranje tirne grede le-ta uredi. Po končanih delih se izvede končni tehnični pregled, na podlagi katerega se vzpostavi promet z vozno redno hitrostjo.

Ureditev nivojskih prehodov

Vzporedno z izvedbo spodnjega in zgornjega ustroja obravnavanega odseka se urejajo tudi nivojski prehodi, kjer se cesta križa z železniško progo. Pred izvedbo del na posameznem nivojskem prehodu se uvede zapora ceste in uredijo se obvozi. Nivojski prehodi se na novo uredijo v skladu s projektom.

V nadaljevanju je prikazana ureditev nivojskega prehoda v primeru tlakovanja z gumijastimi ploščami (Slika 60).



Slika 60: Vgraditev gumijastih plošč
(<http://www.miniatura-zeleznica.com/galerije/Obnova1/index.php> (5.12.2015))

Šesta faza

Šesta faza obsega zaključna dela, ki se začnejo izvajati že v času regulacij tira.

Pred vsakim tehničnim pregledom (fazni in končni) se opravijo meritve in kontrole na tiru, saj elementi tira morajo zagotavljati varen potek železniškega prometa in udobno vožnjo na obravnavnem odseku. Meritve na progi opravi geometer s pomočjo merilnih inštrumentov. Izdela se tirni izkaz (dokument), ki zajema podatke o izmerjenih parametrih tira. Na podlagi tirnega izkaza komisija ugotavlja ali je stanje proge ustrezno za vzpostavitev prometa.

V okviru zaključnih del se pred zadnjo strojno regulacijo in tehničnim pregledom postavijo novi kilometrski in hektometrski kamni, oznake za vertikalni lom tira ter oznake za glavne točke krožnih krivin. Vse transportne in dostopne poti se po izvedbi del uredijo (čiščenje s čistilno mehanizacijo, popravila ceste v primeru poškodb) ter vzpostavijo v prvotno stanje.

Vsa dela se opravijo v skladu s projektom, ki ga izvajalec na koncu izvedbe del preda investitorju. Investitor prejme dokazilo o zanesljivosti objekta, ki vsebuje vso dokumentacijo pogodbe, podatke o projektni dokumentaciji (npr. PID – projekt izvedenih del), rezultate opravljenih meritev, vmesna poročila, certifikacijo vgrajenih materialov, poročilo o ravnanju z gradbenimi odpadki, tirne izkaze, itd.

4.6 Terminski plan za odsek proge Ljubljana Rakovnik – Škofljica

Terminski plan sodi v skupino operativnih planov, ki predstavlja časovni potek izvedbe del (npr. gradbenega projekta). Izdelava terminskega plana je osnova za pripravo spremljajočega plana (plan delavcev, mehanizacije, materiala, finančnih sredstev, količine del), za nadzor pravočasne izvedbe del in za ustrezno vodenje organizacijskih ukrepov (Pšunder, 2009).

Terminske plane ločimo na generalne terminske plane in detaljne operativne plane. Generalni se nanašajo na trimesečje, na 6 mesecev in na 12 mesecev, detajlni pa na čas izgradnje objekta in so lahko mesečna, dekadna, tedenska, dnevna (Pšunder, 2009).

S terminskimi plani prikažemo vrste aktivnosti (del), ki so izvedene po predhodno določenem zaporedju, časovno izvedbo vseh aktivnosti in usklajenost izvajanja del. Izdelujemo jih z različnimi tehnikami, in sicer z gantogramsko, s ciklogramsko, z ortogonalno in s tehnikami mrežnega planiranja (Pšunder, 2009).

V nadaljevanju je predstavljen postopek za gantogramsko tehniko terminskega planiranja.

Pri gantogramski tehniki se terminski plan izdela s pomočjo koordinatnega sistema (horizontalna os predstavlja čas, vertikalna os pa dela oz. aktivnosti). Rezultati terminskih planov se prikažejo v grafični obliki in jih imenujemo gantogrami. Iz njih je razviden vrstni red aktivnosti in čas izvajanja posamezne aktivnosti (Pšunder, 2009).

V diplomski nalogi je terminski plan izdelan s pomočjo programa MS Project z gantogramsko tehniko. V gantogramu je prikazano zaporedje izvajanja del in čas trajanja posameznih del ob upoštevanju 10 urnega delovnika. V diplomski nalogi izdelan terminski plan ni optimiziran na dolžino trajanja stalne zapore. Glede na dolžino stalne zapore, ki jo odobri upravljavec se terminski plan prilagodi, in sicer s podaljšanjem delovnega časa ter sočasnim izvajanjem del na več lokacijah. V tem primeru je potrebno več mehanizacije in seveda delovne sile.

Primer terminskega plana obravnavane proge (odsek Ljubljana Rakovnik – Škofljica) je podan pod prilogo A.

5 ZAKLJUČEK

Razvoj železniškega omrežja je danes eden izmed glavnih ciljev vsake gospodarsko razvite države, saj nudi varen način transporta tako za potniški kot tudi za tovorni promet. Z razvojem železniškega omrežja so mišljene predvsem gradnja novih in vzdrževanje obstoječih železniških prog, ki predstavljajo prometno povezavo z daljnimi in sosednjimi kraji. V Sloveniji so železnice zaradi večinskega vlaganja v cestno omrežje nekaj časa stagnirale. Zato je tudi Slovenija pozornost preusmerila v tehnološki razvoj železniške infrastrukture, ki jo je skoraj nemogoče graditi in vzdrževati brez sodobne mehanizacije.

V diplomski nalogi je obravnavan pomen železniške infrastrukture in načini vzdrževanja le-te. Vzdrževalna dela so razdeljena na redno vzdrževanje, investicijsko vzdrževanje in vzdrževalna dela v javno korist. Na kratko so opisani sestavni deli spodnjega in zgornjega stroja železniške proge ter prikazani načini, obseg in pogoji izvedbe vzdrževalnih del.

Posebno poglavje je namenjeno mehanizaciji, kjer so opisani posamezni stroji, pripomočki in opreme, vključno z njihovo uporabo pri izvedbi del na železniški progi ter na območju javne železniške infrastrukture. Mehanizacija za vzdrževanje in gradnjo železniške infrastrukture je v diplomski nalogi razdeljena v tri skupine, in sicer v gradbeno mehanizacijo, transportno mehanizacijo in progovno mehanizacijo. Gradbena mehanizacija se večinoma uporablja za zemeljska dela, ki obsegajo procese izkopavanja, vgradnje in transporta zemeljskega ter gradbenega materiala. Transportna mehanizacija služi za prevoz gradbenih materialov in strojev. Progovna mehanizacija pa se uporablja za dela na zgornjem stroju železniških prog in služi za odstranitev, vgradnjo ter namestitev železniškega materiala in opreme. Cilj vzdrževalnih del na posameznih elementih, napravah ali odsekih železniške proge, z uporabo ustrezne mehanizacije, je zagotoviti varno in redno vodenje železniškega prometa.

V zadnjem delu diplomske naloge je po klasični metodi, v okviru VDJK, prikazana obnova enotirne železniške proge med postajama Ljubljana Rakovnik in Škofljica. Potek izvedbenih del je razdeljen v šest faz. Začetek obravnavane proge, kjer se izvajajo glavna dela, je za postajo Škofljica in konec pred postajo Ljubljana Rakovnik. Glavna dela, ki se izvajajo v smeri proti naraščanju stacionaže so demontaža tira, izkopi in vgraditev spodnjega stroja, nasutje prve plasti tolčenca in namestitev portalne steze. Ostala glavna dela, kot so polaganje pragov, vnos tirnic na prage, pritrditev tirne rešetke, nasutje novega tolčenca, regulacije tira (nulta, prva, druga in končna) in profiliranje tirne grede se izvajajo v obratni smeri (Ljubljana Rakovnik – Škofljica).

VIRI

Auer, F. 2013. Multi – function track recording cars – Plasser & Theurer: 35 str.

https://www.plassertheurer.com/pdf/publications/32_36_Auer.pdf (Pridobljeno 15. 12. 2015.)

Barunčič, J. 2007. Logistična podpora pri remontu železniških prog. Diplomsko naloga. Portorož, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet (samozaložba J. Barunčič): 51 str.

Berdajs, A., Galonja, S., Gruden, T., Hladnik, L., Jereb, S., Jurček, R., Logar, J., Petek, I., Slak, T., Slokan, I., Smolej, B., Štembal – Capuder, M., Vratuša, S., Žitnik, D., Žitnik, J. 2012. Gradbeniški priročnik. Peta, dopolnjena izdaja. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije, d.d.: str. 731–760.

Hadžiahmetović, M. 1997. Gornji stroj železniških pruga. Sarajevo, Nacionalna i univerzitetna biblioteka Bosne i Hercegovine: str. 195.

Ilić, D. 2015. Aluminotermijsko zavarivanje tračnica: str. 23–25.

http://repozitorij.fsb.hr/3300/1/Ilic_2015_zavrsni_preddiplomski.pdf (Pridobljeno 2. 2. 2016.)

Logar, J. 2015. Priprava temeljnih tal.

<http://www.fgg.uni-lj.si/kmtal-gradiva/Gradiva%20za%20vec%20predmetov/Skripta%20Janko%20Logar/Gradnja%20nasi-pov.pdf> (16. 11. 2015.)

Marinčič Zunčič, M. 2010. Učinek gradbenih strojev 14. inženirskega bataljona. Zaključna naloga, Maribor, Šola za častnike, 21. generacija, specializacija inženirstvo: str. 8, 35, 47.

Milojković, T. 1986. Gornji stroj železnica. Beograd, Zavod za novinsku-izdavačku i propagandnu delatnost na JŽ: str. 74 in 113.

Mirković, S. 2005. Građevinska mehanizacija. Beograd, Građevinska knjiga a.d.: 586 str.

Pirš, J. 2011. Primerjava izgradnje železniške proge po klasični metodi in po metodi tira na togi podlagi. Diplomsko naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo: str. 46, 48, 56.

Pšunder, M. 2009. Operativno planiranje. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo: str. 9, 10, 21–24.

Tomljanovič, S. 2012. Analiza meritev glavnih geometrijskih parametrov na železniških progah. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Prometna smer (samozaložba S. Tomljanovič): str. 65.

Zaletelj, M., Flerin, G. 2006. Sodobni trendi pri posodabljanju in vzdrževanju železniške infrastrukture z uporabo "LCC" metode. Ljubljana, DRC – Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije <http://www.drc.si/Portals/1/Referati/T7-Zaletelj.pdf> (Pridobljeno 1. 2. 2016.)

Zgonc, B. 2003. Železniški promet. Portorož, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet: str. 30–35.

Zgonc, B. 2012. Železniška infrastruktura. Portorož, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet: str. 202–206.

Zore, J. 2011. Zimska služba.

http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/vs/Gradiva_ESS/Impletum/IMPLETUM_356VARSTVO_Zimska_Zore.pdf (Pridobljeno 29. 3. 2016.)

Žargi, M. 2007. Geodetska dela pri Projektu za razpis in izvedbo obnove železniške proge Grosuplje - Kočevje. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Geodetska smer (samozaložba M. Žargi): 61 str.

Predpisi, pravilniki in zakoni

Nacionalni program razvoja slovenske železniške infrastrukture. Uradni list RS št. 13/1996.

Pravilnik o pogojih in postopku za začetek, izvajanje in dokončanje tekočega in investicijskega vzdrževanja ter vzdrževalnih del v javno korist na področju železniške infrastrukture. Uradni list RS št. 82/2006.

Pravilnik o spodnjem ustroju železniških prog. Uradni list RS št. 93/2013.

Pravilnik o zgornjem ustroju železniških prog. Uradni list RS št. 92/2010.

Prometni pravilnik. Uradni list RS št. 50/2011.

Signalni pravilnik. Uradni list RS št. 123/2007.

Zakon o graditvi objektov. Uradni list RS št. 102/2004.

Zakon o železniškem prometu. Uradni list RS št. 11/2011.

Zakon o varnosti v železniškem prometu. Uradni list RS št. 56/2013.

Elektronski viri

Slovenske železnice, železniške proge. 2015.

<http://www.slo-zeleznice.si/sl/infrastruktura/javna-zelezniska-infrastruktura/zelezniske-proge>
(Pridobljeno 2. 11. 2015.)

Slovenske železnice. 2015.

<http://www.slo-zeleznice.si/sl/infrastruktura/javna-zelezniska-infrastruktura/zgornji-ustroj>
(Pridobljeno 20. 6. 2015.)

Slovenske železnice – Program omrežja. 2015.

<http://www.slo-zeleznice.si/sl/infrastruktura/dostop-do-infrastrukture/program-omrezja>
(Pridobljeno 15. 11. 2015.)

Donji stroj trupa. 2015.

<http://bs.scribd.com/doc/23306580/18-DONJI-STROJ-PUTA-ZEMLJANI-TRUP-I-OBJEKTI#scribd> (Pridobljeno 2. 9. 2015.)

Železniški predor Karavanke. 2015.

https://sl.wikipedia.org/wiki/%C5%BDelezni%C5%A1ki_predor_Karavanke
(Pridobljeno 24. 6. 2015.)

Lavinska galerija na železniški progi. 2015.

<http://www.gore-ljudje.net/novosti/9909/> (Pridobljeno 24. 6. 2015.)

Luka Koper. 2015.

<http://www.luka-kp.net/slo/medijski-koticek/arhiv-novic/3624> (Pridobljeno 1. 7. 2015.)

New ballast cleaning machine. 2015.

<http://www.remtech.info/REMZ45.htm> (Pridobljeno 9. 10. 2015.)

Loading and Unloading Systems. 2015.

http://www.vossloh-rail-services.com/media/downloads/pdfs/prospekte/3>Loading_and_Unloading_Systems_by_VR_S.pdf (Pridobljeno 28. 10. 2015.)

Plug za odstranjevanje snega. 2016.

<http://www.siol.net/avtomoto/novice/kako-in-s-cim-v-sloveniji-pluzijo-zelezniske-tire-video-145564> (Pridobljeno 29. 3. 2016.)

Slovenske železnice, tovorni promet. 2016.

<http://www.slo-zeleznice.si/sl/tovorni-promet/uporabnisko-sredisce/vagoni>
(Pridobljeno 1. 2. 2016.)

Miniaturna železnica. 2015 in 2016.

http://www.miniaturna-zeleznica.com/galerije/Obnova25_SI_Bist_Prag_2tir/index.php
(Pridobljeno 28. 10. 2015.)

http://www.miniaturna-zeleznica.com/galerije/Obnova24_SI_Bist_Prag_2del/index.php
(Pridobljeno 16. 9. 2015.)

<http://www.miniaturna-zeleznica.com/galerije/Obnova1/index.php> (Pridobljeno 5. 12. 2015.)

<http://www.miniaturna-zeleznica.com/galerije/Mekotnjak/index.php> (Pridobljeno 4. 2. 2016.)

<http://www.miniaturna-zeleznica.com/galerije/Obnova21/index.php>
(Pridobljeno 30. 11. 2015.)

Plasser & Theurer. 2015.

<http://www.plassertheurer.com/en/machines-systems/track-maintenance-track-motor-vehicles-obw-10.html> (Pridobljeno 3. 10. 2015.)

Plasser & Theurer, Ballast distributing and profiling. 2015.

<http://www.plassertheurer.com/en/machines-systems/ballast-distributing-profiling-usp-2010-sws.html> (Pridobljeno 16. 9. 2015.)

<http://www.plassertheurer.com/en/machines-systems/ballast-distributing-profiling.html>
(Pridobljeno 20. 9. 2015.)

Plasser & Theurer, Ballast bed cleaning. 2015.

<http://www.plassertheurer.com/en/machines-systems/ballast-bed-cleaning.html>
(Pridobljeno 14. 10. 2015.)

Plasser & Theurer, Universal tamping machine. 2015.
<http://www.plassertheurer.com/en/newsletter/1309-02.htm> (Pridobljeno 25. 10. 2015.)

Plasser & Theurer, Stabilisation and Consolidation. 2015.
<http://www.plassertheurer.com/en/machines-systems/stabilisation-consolidation.html>
(Pridobljeno 2. 12. 2015.)

Plasser & Theurer, Tamping. 2015.
<http://www.plassertheurer.com/en/machines-systems/tamping.html>
(Pridobljeno 23. 11. 2015.)

Plasser & Theurer, Measuring work. 2016.
<https://www.plassertheurer.com/en/machines-systems/measuring-work-gmtz.html>
(Pridobljeno 5. 2. 2016.)
<https://www.plassertheurer.com/en/machines-systems/measuring-work-em80h.html>
(Pridobljeno 5. 2. 2016.)

Železniško omrežje v RS. 2015.
http://www.gis.si/egw/GOS_T13_P04/index.html (Pridobljeno 5. 12. 2015.)

ŽGP - Strojni park. 2015.
http://www.sz-zgp.si/index.php/strojni_park (Pridobljeno 25. 10. 2015.)

Excavator parts. 2015.
http://us00.i.aliimg.com/img/pb/954/577/593/593577954_422.jpg (Pridobljeno 8. 7. 2015.)

Hidroregulacija. 2015.
<http://www.hidroregulacija.hr/index.php/fotogalerija/mehanizacija.html?page=2&catpage=1>
(Pridobljeno 8. 7. 2015.)

Grejderi – strojevi za zemljane radove. 2015.
<http://www.gfos.unios.hr/portal/images/stories/studij/strucni/tehnologija-i-strojevi-za-gradjenje/tehstr2.pdf> (Pridobljeno 8. 7. 2015.)

Usluge rovokopača. 2015.
<http://www.utolicasisak.hr/usluge-icb.aspx> (Pridobljeno 9. 7. 2015.)

Strojna zemeljska dela. 2015.
<http://www.jelen.si/si/gradbenistvo/strojna-zemeljska-dela/> (Pridobljeno 15. 11. 2015.)

Vlaki.info.2016.
<http://www.vlaki.info/forum/viewtopic.php?t=3063&start=195> (Pridobljeno 30. 3. 2016.)
<http://www.vlaki.info/forum/viewtopic.php?t=4594&start=120> (Pridobljeno 30. 3. 2016.)

Brusilni vlak – SPENO. 2016.
<http://www.vlaki.info/forum/viewtopic.php?t=6177> (Pridobljeno 2. 3. 2016.)

Kamion prekucnik. 2016.
<http://www.lev.si/ponudba/7/24/66/> (Pridobljeno 22. 1. 2016.)

Hiab Wagon. 2016.
<http://www.sbtippers.co.uk/hiab-wagon-hire/> (Pridobljeno 15. 3. 2016.)

Mehanizacija transporta. 2015.

<http://grading.ba/mehanizacija-transporta.html> (Pridobljeno 9. 7. 2015.)

Portal građevinarstva i građevinske industrije. 2015.

<http://grading.ba/rovokopac-utovarivac.html> (Pridobljeno 9. 7. 2015.)

Teretni vagoni. 2015.

<http://www.zeljeznice.net/forum/index.php?/topic/7162-faq-teretni-vagoni/>
(Pridobljeno 12. 7. 2015.)

Vagon Eamos. 2015.

http://ddsv.hr/vagon_eamos-z_1.html (Pridobljeno 29. 1. 2016.)

Rail Threading Machine. 2015.

<http://www.hydromechengineers.in/rail-threading-machine.htm> (Pridobljeno 1. 12. 2015.)

Portable sleepers drilling machine. 2015.

<http://www.fcsrail.com/en/rail-way-equipment/portable-sleepers-drilling-machine-ftp-950-p>
(Pridobljeno 3. 11. 2015.)

Rail Cutter. 2015.

<http://www.lanksing.com/en/ProductView.asp?ID=40> (Pridobljeno 10. 9. 2015.)

Rail welding machine. 2015.

http://www.remtech.info/used_prms4.htm (Pridobljeno 3. 9. 2015.)

Rail Head Grinding Machine. 2015.

<http://robelt.info/en/products/detail.asp?id=123&tit=13.44+Rail+Head+Grinding+Machine>
(Pridobljeno 3. 9. 2015.)

Railway thermite welding.

<https://www.youtube.com/watch?v=XQViDITyIKs> (Pridobljeno 1. 12. 2015.)

FMK 004 track geometry measuring car. 2015.

http://www.mavkfv.hu/index.php?lngchg=en&f=vaganydiagnosztika_fmk004
(Pridobljeno 6. 11. 2015.)

SEZNAM PRILOG

Priloga A: Terminski plan (odsek proge Ljubljana Rakovnik – Škofljica)